

074

DOKUMENT WZORCOWY

A

Zespół Układów i Systemów Sterowania

Nazwa ONB/ZNB

dr inż. Andrzej Syrczyński

Główny wykonawca

Wykonawcy:

dr inż. Andrzej Syrczyński (red.),

prof. dr inż. Tadeusz Missala,

dr inż. Wiesław Stańczak,

PROJEKT BADAWCZY ZAMAWIANY PBZ-31-05

Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację
wytwarzania

Zadanie 7.

Opracowanie dokumentacji i podręczników oraz zaleceń organizacyjnych i technicznych dotyczących CIM w środowisku sieci lokalnych przedsiębiorstw, zgodnych z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI

Podręcznik - tom 1.: Omówienie rezultatów, przegląd podręczników

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Komitet Badań Naukowych

Nr zamówienia: Z094/T11/95

Kierownik Zespołu

Realizującego

prof. dr inż. Tadeusz Missala

Dyrektor

doc. dr inż. Stanisław Kaczanowski

30.11.1997

Pracę zakończono dnia

Nr arch.

7516

Nr zlecenia

1600K

URZĄDZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA:
PROJEKT BADAWCZY ZAMAWIANY + SIECIOWE SYSTEMY
KOMUNIKACYJNE + CIM + INTEGRACJA WYTWARZANIA +
BADANIA

Abstrakt

W ramach ostatniego, 7. zadania Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-31-05 pt. "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania" opracowano serię dziesięciu podręczników zawierających podsumowanie rezultatów projektu, zebraną syntetyczną wiedzę o przemysłowych systemach komunikacyjnych.

Niniejszy pierwszy tom jest przewodnikiem po całej serii. Tom zawiera w pierwszej części omówienie wykonanych prac i uzyskanych rezultatów w kolejnych etapach projektu. Przedstawiono rezultaty projektu przeznaczone do wdrażania. Podano wykaz opracowanych dokumentacji, omówienie zawartości podręczników i indeks opracowanych tematów.

Tytuły poprzednich sprawozdań

Projekt badawczy zamawiany PBZ-31-05

Zadanie 1: Określenie szczegółowej struktury systemu otwartego CIM. Zestawienie wymagań technicznych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych. Sprawozdanie PIAP nr arch. 7248. 1995

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. 1996

Zadanie 4: Opracowanie i implementacja interfejsów wiążących oprogramowanie sieciowe sieci lokalnych wg IEEE 802.4 i wg IEEE 802.3 oraz sieci miejscowych z oprogramowaniem aplikacyjnym. Sprawozdanie PIAP nr arch. 7396. 1996

Zadanie 5: Zestawienie i badania wzorcowych węzłów i instalacji sieciowych CIM. Sprawozdanie PIAP nr arch. 7443. 1997

Zadanie 6: Badania wspólne kompatybilności poszczególnych instalacji sieciowych. Testy zgodności ze standardami. Sprawozdanie PIAP nr arch. 7473. 1997

Rozdzielnik

- Egz. 1. OIN
Min. Gospodarki
- Egz. 2. ITMiA Pol. Wrocl.
NQ/ZAE
- Egz. 3.

Spis treści

1. Wstęp
2. Omówienie projektu - zadania i realizacja
 - 2.1. Zadanie 1. Określenie szczegółowej struktury systemu otwartego CIM. Zestawienie wymagań technicznych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych
 - 2.2. Zadanie 2. Opracowanie wariantowych założeń i projektów otwartego systemu komunikacyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego zgodnego z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI, w zakresie sprzętu i oprogramowania (w tym kontrolerów komunikacyjnych do sterowników przemysłowych i komputerów, koncentratorów, rozgałęźników, mostów)
 - 2.3. Zadanie 3. Zakup aparatury naukowo-badawczej oraz zakup stosownego oprogramowania sieciowego i serwisowego (między innymi monitory sieci), w tym oprogramowania realizującego protokoły MMS i FTAM
 - 2.4. Zadanie 4. Opracowanie i implementacja interfejsów wiążących oprogramowanie sieciowe sieci lokalnych wg IEEE 802.4 i wg IEEE 802.3 oraz sieci miejscowych z oprogramowaniem aplikacyjnym (na przykładach robotów, sterowników PLC, obrabiarek CNC i zrobotyzowanych/zautomatyzowanych gniazd produkcyjnych), a także interfejsów udostępniających systemy czasu rzeczywistego w instalacjach CIM, zgodnych z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI, w tym ich definicje i generatory w języku C
 - 2.5. Zadanie 5. Zestawienie i badania wzorcowych węzłów i instalacji sieciowych CIM (sieci wg IEEE 802.4 i wg IEEE 802.3 oraz sieci miejscowe)
 - 2.6. Zadanie 6. Badania wspólne kompatybilności poszczególnych instalacji sieciowych. Testy zgodności ze standardami
 - 2.7. Zadanie 7. Opracowanie dokumentacji i podręczników oraz zaleceń organizacyjnych i technicznych dotyczących CIM w środowisku sieci lokalnych przedsiębiorstw, zgodnych z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI
3. Wyniki projektu
 - 3.1. Wykonane zadania
 - 3.2. Rezultaty projektu przeznaczone do wdrażania
4. Wykaz dokumentacji powstałej w toku realizacji projektu
5. Omówienie zawartości podręczników zawierających rezultaty projektu
6. Indeks opracowanych tematów

1. WSTĘP

Projekt badawczy zamawiany PBZ-31-05 "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania" został zrealizowany w latach 1995 - 1997 przez Przemysłowy Instytut Automatyki i Pomiarów PIAP w Warszawie jako Wykonawcę i Instytut Technologii Maszyn i Automatykacji (ITMiA) Politechniki Wrocławskiej jako Głównego Współwykonawcę.

Ponadto współwykonawcami Projektu byli, ze strony PIAP:

- Instytut Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej (IAiIS-PW),
- Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach (IITiS PAN),
- Wydziałowy Zakład Informatyki przy Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej,

i ze strony ITMiA:

- przedsiębiorstwo MIKROTECH INTERNATIONAL LTD. z siedzibą we Wrocławiu.

Najważniejsze rezultaty Projektu zostały zawarte w serii dziesięciu podręczników. Niniejsze opracowanie stanowi tom pierwszy, będący przewodnikiem po całej serii i zarazem informatorem o rezultatach Projektu. Zawiera omówienie rezultatów całego projektu, przegląd zawartości pozostałych tomów, jak też wykaz raportów i sprawozdań poszczególnych wykonawców Projektu.

2. OMÓWIENIE PROJEKTU - ZADANIA i REALIZACJA

Zasadniczym celem projektu badawczego zamawianego PBZ-31-05 "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania" było wykonanie badań i wyboru otwartych systemów komunikacyjnych do potrzeb krajowych przedsiębiorstw przemysłowych, jak również opracowanie metod projektowania struktur i metodyki wdrażania, na przykładzie rozwiązań pilotowych. Już w toku realizacji projektu podjęto działania zmierzające do upowszechniania wiedzy dotyczącej integracji procesów wytwarzania za pomocą otwartych sieciowych systemów komunikacji, a więc publikacje, referaty na konferencjach, seminaria, a ponadto na współpracujących uczelniach wprowadzenie tematyki do programów zajęć dydaktycznych.

Projekt był podzielony na siedem zadań. Zadania te zostały w pełni wykonane. Poniżej zostaną krótko omówione rezultaty osiągnięte w każdym z zadań. Pełne udokumentowanie rezultatów prac przeprowadzonych w ramach poszczególnych zadań jest zawarte w raportach instytucji wykonujących Projekt (wykaz raportów w rozdz. 4).

2.1. Zadanie 1. Określenie szczegółowej struktury systemu otwartego CIM. Zestawienie wymagań technicznych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych

Realizacja projektu wymagała w pierwszej kolejności przeprowadzenia identyfikacji obiektów wchodzących w skład otwartych zintegrowanych systemów wytwarzania CIM oraz określenia szczegółowej struktury takich systemów. Przeprowadzono analizy aktualnego stanu i tendencji rozwojowych stosowania systemów CIM. W związku z tym w zadaniu 1. zrealizowano następujące prace:

2.1.1. Identyfikacja obiektów i określenie szczegółowej struktury systemu otwartego CIM do projektowania, planowania, sterowania i zarządzania produkcją

W raportach [11, 18] przedstawiono modele systemów CIM stosowane do celów normalizacyjnych i identyfikacji wymagań, podstawowe funkcje modeli CIM, omówiono strukturę hierarchiczną modelu CIM i modeli przedsiębiorstw, oraz funkcje i działania modelu

CIM. Dalej omówiono transport informacji w komputerowo zintegrowanych systemach wytwarzania, jak również wymagania narzucane na systemy otwarte CIM. Dokonano też analizy oprogramowań systemów CIM, baz danych, systemów komputerowego wspomaganie CAD/CAM, CAP, CAQ (dalej w skrócie CAx) i wymagań na oprogramowania takich systemów przy ich integracji w ramach CIM.

2.1.2. Badania aktualnego stanu i tendencji rozwojowych w zakresie stosowania systemów CIM na przykładzie wybranych przedsiębiorstw przemysłowych

W raportach zaprezentowano systemy CIM w zakładach Chrysler w USA, OPEL w Russelsheim i Bosch w Erbach. Dokonano analizy przemysłowych instalacji doświadczalnych CIM i laboratoriów, w tym GM Technical Center w Warren USA, CIM Competence Center w Wiedniu i Motorola Corporation Center w Chicago. Zebrano informacje o realizacjach i zamierzeniach CIM podejmowanych przez znaczące firmy. Dokonano podsumowania aktualnych tendencji rozwojowych oraz przeglądu produktów i dostawców CIM, jak również ważniejszych przemysłowych instalacji CIM w Europie w ostatnich latach. Podano opisy i analizy wybranych pilotażowych instalacji CIM na sześciu wyższych uczelniach technicznych w Niemczech.

Na podstawie przeglądu aktualnego stanu techniki dokonano w raporcie [18] syntetycznego omówienia systemów kierowania wytwarzaniem SKW w ramach CIM. Omówiono zadania i rodzaje SKW, oraz wymagania w zakresie wewnętrznej komunikacji i oprogramowania SKW. Dokonano także przeglądu firmowych systemów SKW dostępnych obecnie na rynku.

2.1.3. Analiza rozwoju produktu dla potrzeb zintegrowanego wytwarzania

Analizę przeprowadzono w raporcie [18], zajmując się kolejno analizą struktury produktu w warunkach zintegrowanego wytwarzania, następnie standardowym modelem STEP, będącym platformą integracyjną wszystkich systemów komputerowego wspomaganie CAx, wreszcie językami programowania do opisu modeli produktu. Z analizą produktu jest ściśle związana problematyka komputerowo wspomaganego zapewnienia jakości CAQ. Dlatego podano przegląd systemów CAQ, wyodrębnienie i charakterystykę poszczególnych pętli jakości, koncepcje rozwiązań sprzętowych i programowych a także rozwiązania komunikacji i integracji systemów CAQ.

2.1.4. Analiza potrzeb i możliwości stosowania systemów CIM w krajowych przedsiębiorstwach

Rezultaty analizy przedstawiono w [11] na wybranych przykładach kilkunastu krajowych przedsiębiorstw przemysłowych różnych branż, o zróżnicowanej wielkości i formach własności. Podano wstępne wnioski wynikające z analizy. W [18] dokonano szczegółowej analizy struktury i przepływu informacji w dwóch wybranych przedsiębiorstwach przemysłu maszynowego - Zakładach Samochodowych Jelcz S.A. i PZL Hydral S.A.

2.1.5. Opracowanie modeli, zaleceń i przykładów architektury sieci nadrzędnych w systemach CIM

Opracowanie jest zawarte w raporcie [33]. Obejmuje omówienie modelu ogólnego, specyfikacji MAP/TOP, protokołów warstwy aplikacji FTAM i MMS oraz zawiera zalecenia i przykłady rozwiązań sieci CIM o wielu szczeblach. W [25] przedstawiono opracowanie założeń budowy modelu instalacji CIM integrującej różnorodne (heterogeniczne) platformy sprzętowo-programowe przy wykorzystaniu sieci LAN i przemysłowych sieci miejscowych.

2.1.6. Stan normalizacji składników systemów CIM. Analiza i ocena standardów komunikacji ze względu na przydatność do stosowania w przemyśle

Dokonano przeglądu stanu normalizacji składników systemów CIM, zarówno norm i standardów międzynarodowych, jak i krajowych. Analizą przedstawioną w [11] objęto normy dotyczące zagadnień sieciowych (w tym sieci lokalne wg profilu MAP/TOP 3.0, sieć miejscową PROFIBUS, sieć miejscową IEC, a także zagadnienia ogólne), normy przedmiotowe dotyczące sprzętu i oprogramowania, normy dotyczące warunków środowiskowych, kompatybilności elektromagnetycznej, bezpieczeństwa, normalizacji badania systemów, prezentacji produktu i wreszcie dyrektywy Unii Europejskiej.

Realizację całego projektu przeprowadzono w pełnej zgodności z normami międzynarodowymi, a standaryzację wykorzystywano do uzyskania spójności rezultatów projektu, czyli zapewnienia kompatybilności i wzajemnej współpracy wszystkich zalecanych rozwiązań i składników sieciowych systemów komunikacyjnych między sobą i ze środowiskiem przemysłowym.

2.1.7. Zestawienie wymagań technicznych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych dotyczących systemu CIM i jego składowych

Analizy i badania przeprowadzone w zadaniu 1. pozwoliły na zestawienie wymagań technicznych, funkcjonalnych i eksploatacyjnych dotyczących zarówno zintegrowanych systemów CIM, jak i ich poszczególnych składników.

Zestawienie, zawarte w [11] stanowi od strony technicznej konkluzję zadania 1. PBZ. Określono główne parametry techniczne, wymagania funkcjonalne i eksploatacyjne, dalej wymagania na oprogramowanie systemów i wymagania z punktu widzenia manipulacji danymi, a także wymagania wynikające z obserwowanych trendów rozwojowych w technice komputerowej, informatyce i technikach telekomunikacyjnych.

Uzupełnienie w [18] podaje przegląd współczesnych środków i metod automatyzacji: sterowania numerycznego, programowalnych sterowników logicznych, robotów, sieci lokalnych i systemów DNC - bezpośredniego sterowania cyfrowego.

2.2. Zadanie 2. Opracowanie wariantowych założeń i projektów otwartego systemu komunikacyjnego przedsiębiorstwa przemysłowego zgodnego z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI, w zakresie sprzętu i oprogramowania (w tym kontrolerów komunikacyjnych do sterowników przemysłowych i komputerów, koncentratorów, rozgałęźników, mostów)

Podejmując realizację zadania 2. wyodrębniono trzy główne tematy, które łącznie wyczerpują zakres zadania:

- analiza i opracowanie wariantów rozwiązań otwartych systemów komunikacji w zautomatyzowanym wytwarzaniu i automatyce przemysłowej,
- analiza i dobór elementów systemu komunikacyjnego przedsiębiorstwa - sprzętu sieciowego i komputerowego, protokołów i platform oprogramowania, oprogramowania komunikacyjnego, przy uwzględnieniu problematyki współpracy systemów heterogenicznych,
- opracowanie założeń oraz projektów wzorcowej sieci komunikacyjnej oraz pilotażowych instalacji i zestawów badawczych.

Poniżej omawia się rezultaty uzyskane w zadaniu 2.

2.2.1. Analiza rozwiązań otwartych systemów komunikacyjnych

Rezultaty zostały zawarte w pierwszych częściach raportów [12] i [19], a także w [33], które łącznie zawierają pełną analizę i przegląd rozwiązań następujących zagadnień:

- warstwowy, funkcjonalny model przedsiębiorstwa przemysłowego oraz wynikające z niego wymagania na system komunikacyjny,
- szczegółowy opis siedmiowarstwowego modelu odniesienia ISO/OSI dla sieci komunikacyjnych,
- architektury sieci wg specyfikacji MAP/TOP,
- klasyfikacja i przegląd ogólny rodzajów sieci współcześnie stosowanych w przemyśle, szczególnie sieci lokalnych i miejscowych, z uwzględnieniem wielu przykładów; trendy w rozwoju sieci,
- struktury warstwy fizycznej sieci, w tym fizyczne media transmisji, metody dostępu do medium, tendencje rozwojowe,
- przegląd protokołów sieciowych,
- stan normalizacji protokołów ISO/OSI, szczególnie MMS, usługi MMS, normy stowarzyszone do MMS, wirtualny model jednostki wytwórczej VMD

Podsumowując, w tej części raportów zostały omówione praktycznie wszystkie rodzaje sieci współcześnie stosowane w przemyśle, dokonano ich klasyfikacji i przeglądu ogólnego.

2.2.2. Kwalifikacja sieci do zastosowań w przemyśle krajowym, rozszerzona analiza wybranych sieci

Rezultaty są zawarte w raportach [12], [19], [43] i [35]. Zebrana wiedza o szerokim asortymencie współcześnie stosowanych sieci pozwoliła dokonać wstępnego wyboru kilku typów sieci spośród sieci rozległych, lokalnych i miejscowych, najbardziej kwalifikujących się do zastosowań w przemyśle krajowym. Celem dalszej pracy było zebranie jak najpełniejszej informacji i dokonanie pogłębionej analizy. Taką analizę rozwiązań, właściwości technicznych, warunków pracy, protokołów, obszarów zastosowań przeprowadzono dla:

- szybkich sieci światłowodowych FDDI (ISO 9314) i FDDII,
- sieci rozległych z protokołem TCP/IP,
- szerokiej klasy sieci z protokołami MMS i FTAM,
- systemu sieciowego i sieciowego systemu operacyjnego Novell NetWare,
- sieci lokalnych MAP/TOP według standardu IEEE 802.3 i IEEE 802.4,
- sieci miejscowych: PROFIBUS, LonWorks, CAN, ASI, InterBus-S, BITBUS.

W wyniku przeprowadzonej analizy opracowano jednolitą propozycję zestawu otwartych sieci komunikacyjnych dla przedsiębiorstw krajowych. Propozycja ta jest kompromisem pomiędzy możliwościami funkcjonalnymi sieciowego systemu komunikacyjnego, a kosztami jego instalacji oraz nowoczesności i otwartości określonego rozwiązania.

Uwzględniono zarówno wymagania stawiane sieciom komunikacyjnym w poszczególnych obszarach wytwarzania jak i rozwiązania różnorodnych systemów komunikacyjnych, które są obecnie stosowane w świecie, a także przewidywane zapotrzebowanie na tego rodzaju techniki w przedsiębiorstwach krajowych. Wzięto tutaj pod uwagę szczególnie sprawdzone już rozwiązania składników sieciowych różnych systemów komunikacyjnych, które są oferowane przez producentów sprzętu i oprogramowania dla zastosowań w przemyśle.

2.2.3. Dobór elementów systemu komunikacyjnego przedsiębiorstw

W ramach studiów nad wybranymi standardami i typami sieci, jak też rozwiązaniami i produktami firmowymi dokonano analiz i wyborów:

- sprzętu sieciowego i informatycznego, w tym poszczególnych rodzajów węzłów, bram i mostów, dalej kontrolerów i kart sieciowych, modemów, mediów transmisyjnych,
- oprogramowań komunikacyjnych,
- oprogramowań interfejsowych do systemów aplikacyjnych,
- systemów operacyjnych.

Ogólne rezultaty są zawarte w raportach [12] i [19]. Ponadto odrębne zagadnienia opracowano w raportach: [43] - dobór składników sieci LonWorks, [26] - projekt bramy między sieciami z protokołem TCP/IP a siecią PROFIBUS, [34] - interfejsy programowe protokołów MMS i FTAM, [40] - segmenty bezprzewodowe dla sieci przemysłowych.

2.2.4. Założenia i projekty systemów komunikacyjnych przedsiębiorstwa

Opracowano założenia do realizacji wzorcowych węzłów i zestawów badawczych w PIAP [12], oraz koncepcję budowy pilotażowej instalacji sieci komunikacyjnej w ITMiA [19]. Opracowano szczegółowe założenia i projekty wzorcowych i pilotażowych instalacji otwartego systemu komunikacyjnego realizowanych u poszczególnych wykonawców projektu: w PIAP [44], [45], [48], [49], [53]; w IAIIS PW [25], [26], [27] i w IITiS PAN [38]. Wzorcowe rozwiązania w zakresie sieci nadrzędnych opracował Wydziałowy Zakład Informatyki PWro [33], [35].

Starano się kompleksowo rozwiązać komunikację we wszystkich obszarach przedsiębiorstwa. W opracowanych projektach wariantowych rozwiązań systemów sieciowych uwzględniono istniejące wyposażenie laboratoriów u poszczególnych wykonawców, jak obrabiarki CNC i elastyczne gniazdo montażowe w ITMiA, bądź zrobotyzowane gniazdo produkcyjne w PIAP.

2.2.5. Opracowania przygotowujące badania

W celu ujednoczenia wymagań na składniki sieciowych systemów komunikacyjnych oraz zakresu i metodologii badań (które prowadzono w dalszych zadaniach) w ostatniej części raportu [12] zebrano wymagania narażeniowe (w zakresie narażeń klimatycznych i mechanicznych oraz w zakresie kompatybilności elektromagnetycznej) i określono zakres badań odpornościowych instalacji i zestawów.

Rezultatem prac w zadaniu 2. są założenia i projekty techniczne wzorcowych sieci komunikacyjnych oraz pilotażowych instalacji i zestawów badawczych. Opracowane projekty sieci komunikacyjnych stanowią propozycję rozwiązań umożliwiających integrację sprzętu i oprogramowania różnych producentów w ramach otwartego systemu komunikacji.

2.3. Zadanie 3. Zakup aparatury naukowo-badawczej oraz zakup stosownego oprogramowania sieciowego i serwisowego (między innymi monitory sieci), w tym oprogramowania realizującego protokoły MMS i FTAM

Przebieg realizacji i rezultaty zadania 3., w tym sposób wykorzystania zakupionych składników są zawarte w raportach [13] i [20]. Na podstawie wstępnych projektów instalacji pilotażowych i zestawów badawczych oraz koncepcji stanowisk badawczych określono plan zakupów aparatury stanowiący załącznik do umowy zawartej z KBN. Przeprowadzono rozeznanie produktów sprzętowych i programowych oraz dostawców. Odpowiednie zapytania ofertowe wysłano do kilkudziesięciu znanych, w tym wiodących firm.

Następnie opracowywano listy zakupu wszystkich składników zamawianych zagranicą, aktualizowane w toku rozeznawania dostawców i warunków dostaw. Przeprowadzono negocjacje cenowe z dostawcami i lokowano kolejne partie zamówień, w miarę uzyskiwania środków finansowych.

W drugiej kolejności dokonano zakupów na rynku krajowym, produktów o krótkich terminach dostaw, głównie sprzętu komputerowego. Niektóre składniki programowe, niedostępne, czy trudno dostępne na rynku powierzono do opracowania specjalizowanym firmom krajowym. Dotyczyło to głównie wybranych interfejsów programowych i składników integrujących sieci heterogeniczne, w tym bram i mostów.

PIAP zrealizował większość zakupów składników sieciowych w kilku wiodących firmach:

- Softing GmbH, Monachium - firma była dostawcą kart sieciowych PROFIBUS oraz oprogramowania sieciowego PROFIBUS różnych typów stacji (stacje robocze, dialogowe, monitory sieci), a także oprogramowania narzędziowego do konfigurowania stacji i sieci,
- CISCO, Sterling Heights, MI, USA - firma dostarczyła oprogramowań sieciowych (transmisyjnych i warstwy użytkowej z protokołem MMS) do stacji pracujących wg protokołów IEEE 802.3,
- WM-data (dawniej CRI Industrial Systems), Birkerød, Dania - firma dostarczyła oprogramowań Easy MAP wszystkich warstw do segmentów sieci 802.3 (Ethernet) przeznaczonych do różnych typów stacji, włącznie z monitorem sieci i bramą sprzęgającą sieć 802.3 z siecią miejscową PROFIBUS.
- Do kompletacji instalacji badawczej sieci miejscowej LonWorks zakupiono szereg składników w firmach ECHELON (Palo Alto, CA USA) i SysMik GmbH (Drezno).
- Oprogramowanie bramy między segmentami sieci LonWorks i PROFIBUS, a także oprogramowanie interfejsu programowego udostępniającego system WIZCON w sieci PROFIBUS opracowała firma PPH HELP z Wrocławia.

Główny współwykonawca ITMiA korzystał z dostaw następujących firm zagranicznych:

- firma Hewlett Packard dostarczyła sprzęt i oprogramowanie stacji roboczych,
- firmy Siemens, Applicom (Francja), PEP dostarczyły produktów sieci PROFIBUS,
- inne składniki sieciowe pochodziły z Phoenix Contact i PHYTEC, zaś produkty programowe z SUN, National Instruments (USA), USData.

Reasumując, środki na zakup aparatury naukowo-badawczej i oprogramowań umożliwiły pozyskanie szerokiej gamy najnowocześniejszych produktów do wyposażenia instalacji i do prowadzenia badań. Poszerzenie asortymentu uzyskano także przez uzgodnione zróżnicowanie produktów i dostawców pomiędzy poszczególnymi wykonawcami projektu. Zgodnie z założeniami Projektu preferowano przy wyborze produkty znormalizowane, spełniające wymogi systemów otwartych, w szczególności stosujące w warstwie aplikacyjnej protokoły MMS i FTAM, które teraz stanowią podstawę standaryzacyjną modelu odniesienia.

2.4. Zadanie 4. Opracowanie i implementacja interfejsów wiążących oprogramowanie sieciowe sieci lokalnych wg IEEE 802.4 i wg IEEE 802.3 oraz sieci miejscowych z oprogramowaniem aplikacyjnym (na przykładach robotów, sterowników PLC, obrabiarek CNC i zrobotyzowanych/zautomatyzowanych gniazd produkcyjnych), a także interfejsów udostępniających systemy czasu rzeczywistego w instalacjach CIM, zgodnych z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI, w tym ich definicje i generatory w języku C

W systemach komputerowo zintegrowanego wytwarzania (CIM) wielkie znaczenie mają powiązania (czyli interfejsy programowe) łączące oprogramowania komunikacyjne (sieciowe) sieci lokalnych i sieci miejscowych z oprogramowaniami aplikacyjnymi sfery wytwarzania. Opracowanie, dobór i implementacja takich interfejsów, jak też ich testy, próby funkcjonalne i badania symulacyjne, były pierwszą częścią zadania 4. Uzyskane rezultaty są scharakteryzowane poniżej w p. 2.4.1 do 2.4.5.

2.4.1. Analiza programowego interfejsu aplikacyjnego API (ang. *Application Program Interface*).

Znaczna różnorodność systemów sieci lokalnych i miejscowych wymaga zapewnienia możliwości łatwego dopasowywania oprogramowania układu sterowania do sterowników programowych i interfejsów dla różnych sieci miejscowych. W innym bowiem przypadku przechodzenie od jednego do drugiego systemu sieci wiązałoby się ze zwiększonymi nakładami na dopasowanie w układzie sterowania, co stałoby w oczywistej sprzeczności z oczekiwaną redukcją kosztów, wynikającą z zastosowania sieci. W wykonanych pracach [14, 21] na podstawie ogólnego standardu MAP/MMS rozważono najpierw ogólny model API, a następnie określono możliwości implementacji interfejsu API w wielu systemach.

2.4.2. Specyfikacja interfejsu aplikacyjnego MMS

Protokół przesyłek wytwarzania MMS stanowi obecnie powszechnie przyjętą na całym świecie normę określającą interfejs programowy między otwartymi systemami komunikacyjnymi a warstwą programów aplikacyjnych. W raportach [14], [21], [34] dokonano wszechstronnej analizy tego najważniejszego interfejsu.

2.4.3. Interfejsy urządzeń według norm MMS stowarzyszonych

Do normy MMS na specyfikację przesyłek wytwarzania powstały rozszerzenia, w postaci norm stowarzyszonych dla kilku najważniejszych rodzajów urządzeń produkcyjnych i technologicznych stosowanych w przemyśle maszynowym.

- W raporcie [14] dokonano analizy interfejsu aplikacyjnego MMS dotyczącego robotów, według normy ISO/IEC 9506-3.
- W raporcie [21] znajduje się omówienie interfejsu dotyczącego obrabiarek sterowanych numerycznie, według normy ISO/IEC 9506-4.

Każda z norm stowarzyszonych określa:

- opis użycia usług MMS w aplikacjach specyficznych,
- opis modelu urządzenia w kontekście specyficznych funkcji tych aplikacji oraz tego, w jaki sposób funkcje są odwzorowywane przez atrybuty wirtualnego urządzenia wytwórczego VMD (ang. *Virtual Manufacturing Device*),
- sposób dostarczania specyficznej syntaktyki dla tych usług MMS, które są aplikowane w operacjach i które udostępniają specyficzne parametry definiowane przez rozpatrywany standard,
- definiuje standaryzowane nazewnictwo dla typowych obiektów.

2.4.4. Implementacje interfejsu API sieci miejscowych

W raporcie [16] przedstawiono implementacje interfejsu API kilku sieci miejscowych, które przeprowadzono w ITMiA:

- implementacje interfejsu API sieci miejscowej CAN badano przy użyciu produktów firmy PHYTEC: kart komunikacyjnych, modułów inteligentnych sterowników, modułów wejść/wyjść sterowanych sieciowo i peryferyjnych sterowników SLIO,
- badano implementacje interfejsu API sieci miejscowej InterBus-S korzystając z produktów firmy Phoenix Contact: sterownika nadrzędnego sieci i sterowników węzłów wraz z oprogramowaniem interfejsu aplikacyjnego,
- dokonano oceny możliwości implementacji interfejsu API sieci miejscowej PROFIBUS na podstawie produktów firmy Siemens (karty sieciowe wraz z protokołem PROFIBUS FMS, biblioteka funkcji, pakiet konfiguracyjny), firmy PEP (system ISaGRAF do realizacji usług PROFIBUS) i firmy Applicom International (protokoły komunikacyjne stosowane w różnych systemach operacyjnych),
- w raportach [14], [52] przedstawiono dokonane w PIAP implementacje interfejsu API sieci PROFIBUS z oprogramowaniem firmy Softing. Podobne prace, z innymi składnikami, wykonała także IAIIS PW [25], [26], [28],
- wykonane badania implementacji interfejsu API sieci miejscowej LonWorks przedstawiono w [14], [44], [45], [46].

2.4.5. Implementacje systemów wizualizacji i kontroli procesów przemysłowych

Badano interfejsy wiążące oprogramowanie aplikacyjne z sieciami lokalnymi LAN oraz z sieciami miejscowymi. Zagadnienie to jest ściśle związane z zastosowaniem systemów kontroli, wizualizacji i monitorowania typu MMI (ang. *Man-Machine Interface*) oraz SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Aquisition*). Systemy SCADA są coraz częściej stosowane w przemyśle ze względu na możliwość szybkiego tworzenia aplikacji, dużą elastyczność zastosowań oraz szeroki zakres realizowanych funkcji. Pakiety systemów typu MMI / SCADA składają się ze współpracujących ze sobą modułów: jądra systemu oraz modułów komunikacji, wizualizacji i obsługi.

W raportach zawarto analizę kilku wybranych systemów oprogramowania do wizualizacji i kontroli procesów wytwarzania, potraktowanych jako wzorcowe. W [14] i [49] znajduje się analiza i przygotowanie aplikacji systemu WIZCON, również w [14] systemu EasyMAP firmy CRI/WM-data.

System Paragon TNT, firmy TNT został poddany analizie w raporcie [21] i następnie wykorzystany w instalacji CIM w ITMiA.

2.4.6. Specyfikacja i implementacje systemu czasu rzeczywistego OS-9

Drugą częścią zadania 4. było opracowanie, dobór i implementacja interfejsów udostępniających systemy czasu rzeczywistego w instalacjach CIM. W sferze wytwarzania wiele zadań sterowania ma ostre uwarunkowania czasowe. Komputery realizujące krytyczne czasowo zadania pracują pod kontrolą systemów operacyjnych czasu rzeczywistego, co wymaga specjalnych interfejsów programowych wiążących z sieciowymi systemami komunikacyjnymi.

W [21] dokonano analizy systemów czasu rzeczywistego w odniesieniu do zagadnień komunikacji w sieciach komputerowych. Analizę tę przeprowadzono na przykładzie wielozadaniowego systemu operacyjnego czasu rzeczywistego OS-9 firmy Microware. System

ten jest przeznaczony głównie do wbudowania w urządzenia automatyki przemysłowej, a odznacza się on takimi cechami jak: niewielka minimalna konfiguracja, modułowość budowy, możliwość zapisu systemów i programów w pamięci ROM, elastyczność sprzętowa oraz duża efektywność wykorzystania pamięci operacyjnej i szybkość działania.

Na podstawie analizy i badań uznano w [21] system OS-9 za optymalny do zastosowań przemysłowych. Dokonano pogłębionej analizy strukturalnej systemu, oceny jego parametrów i cech eksploatacyjnych. Przedstawiono także przygotowywane w ITMiA implementacje tego systemu.

Zastosowania i implementacje systemu OS-9 zostały także zbadane w IAIIS PW [25], [27], w ramach tworzenia modelowej instalacji CIM. Uzyskano pozytywne wyniki implementacji i badań.

2.4.7. Dołączanie składników systemów wytwarzania

Trzecia wreszcie część zadania 4. dotyczy praktycznej realizacji powiązań różnorodnych składników systemów wytwarzania z systemem komunikacyjnym.

W [14] opisano składniki systemów wytwarzania wchodzące w skład instalacji pilotowej w PIAP:

- zrobotyzowane gniazdo produkcyjne ze sterownikami przemysłowymi Bosch, OMRON i komputerem nadrzędnym,
- symulowany system sterowania i kontroli procesów ciągłych z komputerem PC, oprogramowaniem typu SCADA (WIZCON5 wersja 5.12 firmy PC Soft International) i serwerem/bramą,
- laserowe stanowisko produkcyjne pomiaru grubości, z komputerem rejestrującym,
- podsystem zbierania danych i sterowania z wielosegmentową siecią miejscową LonWorks.

W [21] opisano następujące składniki systemu wytwarzania zainstalowane w pilotowej instalacji w ITMiA:

- centrum frezarskie CXM32 „Mechanicy” z układem sterowania numerycznego CNC typu SINUMERIK 840C firmy Siemens i kartą interfejsową MAP/MMS,
- model systemu wytwórczego z nadrzędnym komputerem PC wraz z siecią miejscową PROFIBUS łączącą sterowniki przemysłowe PLC typu SmartI/O firmy PEP,
- system sterowania i kontroli procesów ciągłych z nadrzędnym komputerem PC i oprogramowaniem SCADA (Paragon TNT) wraz z siecią PROFIBUS,
- elastyczne gniazdo montażowe składające się z paletowego systemu transportowego i robota montażowego SCARA firmy Bosch wraz z nadrzędnym komputerem PC i oprogramowaniem SCADA (Paragon TNT) oraz systemem magistralowym CAN,
- współrzędnościowa maszyna pomiarowa CMM typu C400 firmy Zeiss ze stacją roboczą HP 715/33,
- model systemu wytwórczego z siecią miejscową InterBus-S.

Wreszcie w [29] przedstawiono implementację modelu instalacji CIM realizującej funkcje sterowania operatywnego dla modelowanego gniazda produkcyjnego.

2.5. Zadanie 5. Zestawienie i badania wzorcowych węzłów i instalacji sieciowych CIM (sieci wg IEEE 802.4 i wg IEEE 802.3 oraz sieci miejscowe)

W zadaniu 5. skompletowano i poddano badaniom wszystkie zaprojektowane instalacje sieciowe, węzły i zestawy badawcze. Kolejno przeprowadzono prace montażowe i instalacyjne, uruchomieniowe, implementacje oprogramowań, testy i próby poszczególnych węzłów i segmentów sieci. Następnie wykonano badania poszczególnych węzłów i segmentów, a wreszcie prace nad powiązaniem (integracja) segmentów w duże instalacje.

We wszystkich segmentach sieciowych i instalacjach wykonano badania zgodności i współpracy dołączonych składników sprzętowych i programowych. Dla wybranych segmentów i zestawów przeprowadzono badania parametrów transmisyjnych, jak i badania odpornościowe.

Wykaz wszystkich zestawionych i badanych instalacji znajduje się w tomie 10. Poniżej zostaną omówione najważniejsze wykonane badania i ich wyniki.

2.5.1. Badania w PIAP

Opisy prac PIAP dotyczących zestawienia instalacji, badania i rezultaty są przedstawione w raporcie [15].

Został skompletowany i uruchomiony podsystem sieci miejscowej LonWorks, złożony z 6 segmentów o różnych szybkościach transmisji i zasięgu, liczący łącznie 29 aktywnych urządzeń sieci, w tym 21 węzłów pomiarowo-sterujących, 5 routerów do zmiany kanału transmisji, 2 interfejsy do komputerów i 1 bramę do sieci PROFIBUS oraz bierny monitor sieciowy. Badane kanały transmisji to media przewodowe (skrętka), przy szybkościach transmisji 78 i 1250 kbit/s oraz linia energetyczna 220V. Przeprowadzono konfigurację sieci przy pomocy programów Lon Profiler i Lon Manager. Opracowano i zaimplementowano oprogramowanie testowo-użytkowe podsystemu LonWorks. Wykonano, z wynikami pozytywnymi, badania funkcjonalne, próby pracy długotrwałej, sprawdzenia możliwości konfiguracji sieci i sprawdzenie osiągnięć sieci.

Przeprowadzono kompletację, konfigurację, uruchomienie i badania segmentu sieci PROFIBUS FMS, liczącego 8 węzłów, w tym monitor sieci firmy Softing. Segment pracuje na medium przewodowym, z szybkością transmisji 500 kbit/s. Dokonano implementacji i badań funkcjonalnych oprogramowania systemowego Softing na segmencie sieci PROFIBUS. Opracowano testy i wykonano badania funkcjonalne usług protokołu oraz badania długotrwałe jakości transmisji.

Skompletowano i uruchomiono segment sieci wg standardu IEEE 802.3, liczący 7 węzłów, w tym monitor sieciowy z oprogramowaniem Intel LANDesk Traffic Analyst. Segment pracuje z szybkością transmisji 10 Mbit/s. Na stacjach segmentu zaimplementowano oprogramowanie użytkowe protokołu MMS firmy SISCO. Ponadto na dwóch stacjach posadowiono oprogramowanie EasyMAP typu SCADA firmy WM-Data. Przeprowadzono kolejno badania warstwy fizycznej, w tym jakości transmisji, badania protokołu sieciowego i badania warstwy aplikacji - realizacji usług protokołu MMS. Ponadto testowano współpracę oprogramowań aplikacyjnych firm SISCO i WM Data.

Zainstalowano i uruchomiono segment sieci MAP wg standardu IEEE 802.4 z oprogramowaniem systemowym i monitorem firmy AEG/MODICON. Wykonano badania wszystkich warstw protokołu.

Zrealizowano integrację segmentów, w tym uruchomienie i badania: bramy LonWorks-PROFIBUS, bramy PROFIBUS-IEEE 802.3, mostu między segmentami 802.3 i 802.4. Każdy z tych elementów integrujących podlegał najpierw konfigurowaniu po stronie każdej z łączonych sieci, poczym był testowany jako zwykła stacja w każdym z segmentów. Na koniec przeprowadzono testy funkcjonalne współpracy, czyli komunikacji między węzłami łączonych sieci. Zostały także wykonane badania zdolności przesyłowej bramy LonWorks-PROFIBUS.

Ponadto uruchomiono, dołączono do instalacji sieciowej i badano zbudowane oraz oprogramowane w PIAP wzorcowe węzły CIM:

- operatorską stację sterowania i prezentacji danych z układem symulacji wolnozmiennego procesu produkcyjnego, z posadowionym systemem oprogramowania WIZCON,
- laserowe stanowisko pomiaru grubości,
- zrobotyzowane gniazdo produkcyjne, z dwoma robotami nowych generacji, wyposażone w urządzenia transportowe i pomocnicze, sterowane lokalnie ze sterownika PLC, dołączone do sieci miejscowej PROFIBUS. W gnieździe zaimplementowano system oprogramowania INTELLUTION.

Wszystkie przeprowadzone badania przyniosły pozytywne wyniki, szczególnie potwierdziły prawidłową współpracę wybranych w Projekcie składników sprzętowych i programowych.

2.5.2. Badania w ITMiA

Opis instalacji i badań podano w [22]. Zostały skompletowane i uruchomione wszystkie instalacje sieciowe. Segment sieci w laboratorium CAD/CAM SunTech połączył 14 różnego rodzaju stacji roboczych SUN z zainstalowanymi w nich takimi modułami oprogramowania systemów CIM jak: systemy CAD/CAM (pakiet AMT firmy CIMLINC, pakiet CADD5 5 firmy Computer Vision oraz ProEngineer firmy Parametric Technology Corporation), relacyjne bazy danych Ingres oraz ADABAS_D, integrator LINKAGE firmy CIMLINC oraz system planowania i sterowania produkcją PRÓDIS firmy Software AG.

Skompletowano także segmenty sieci w laboratorium sterowników PLC i w laboratorium CSP (Centrum Systemów Produkcyjnych). Poszczególne stacje pilotowej instalacji sieci komunikacyjnej w laboratoriach sterowników PLC i CSP są połączone do koncentratora (*hub*) typu *HP AdvanceStack 10Base-T 12*. Koncentrator rozszerza ilość fizycznie przyłączonych stacji (węzłów) do sieci, pozwolił na przyłączenie do wspólnej magistrali poszczególnych składników systemu wytwarzania. Urządzenie ma także możliwość, po uprzednim zainstalowaniu odpowiedniego modułu interfejsowego (*gateway*), połączenia z siecią X.25 oraz zarządzania siecią lokalną poprzez protokół SNMP.

Dokonano integracji poszczególnych podsieci za pomocą urządzenia typu SWITCH model LANPLEX 2500. LANPLEX 2500 jest nowoczesnym urządzeniem sprzęgającym wyposażonym w 16 gniazd. Osiem jego gniazd obsadzono kartami z wyjściem typu BNC, które umożliwiają przesyłanie danych z prędkościami 10 Mbit/s, natomiast sześć pozostałych gniazd kartami typu FL 100Mbs z wyjściem światłowodowym, dla przyłączenia urządzenia LANPLEX 2500 do sieci metropolitalnej Wrocławia. Wszystkie połączenia z modułu FL urządzenia LANPLEX 2500 wykonano kablem światłowodowym, natomiast szczegółowe rozproszczenia sieci od *hub*'ów do gniazd końcowych lokalnej sieci Instytutu są wykonane kablem typu skrętka UTP kategorii 5.

Następnie przeprowadzono badania okablowania sieci komputerowej i badania toru transmisyjnego sieci LAN na zgodność z wymaganiami norm, szczególnie ISO/IEC DIS 11 801. Dokonano badań torów przesyłowych sieci LAN, w tym określono główne parametry:

długość linii kablowych (*cable lenght*), mapę połączeń (*wiremap*), tłumienność (*attenuation*) oraz przesłuch zbliżny (*NEXT - near and crosstalk*).

Przeprowadzono testy bazowe sieci komputerowej LAN, w których sprawdzono możliwości komunikowania się różnych produktów sieciowych. W szczególności były to testy sprawdzające możliwości komunikowania się oprogramowania sieciowego zgodnego z MAP 3.0 firmy Hewlett Packard z oprogramowaniem sieciowym innych firm jak SISCO, SUN czy Siemens. W testach tych badano segmenty z protokołami komunikacyjnymi MMS, FTAM oraz TCP/IP.

Dla sieci miejscowych określono wymagania na okablowanie sieci InterBus-S i PROFIBUS oraz przeprowadzono testowanie urządzeń sieci i badania gałęzi sieci.

2.5.3 Badania w IAIIS PW

W Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej powstała modelowa instalacja złożona z wybranych modułów warstwy sieciowej CIM w środowisku heterogenicznego systemu przestrzennie rozłożonego [25, 27, 32]. Podsystem przemysłowy obejmuje komputery firmy PEP (z systemem operacyjnym OS-9) połączone magistralą PROFIBUS i bramę między siecią PROFIBUS a sieciami Arcnet i Ethernet na komputerze PC 486 z systemem QNX [26, 28, 31]. Natomiast podsystem biurowo-zarządzający zbudowano na komputerach PC 486 z systemami UNIX i Windows połączonych siecią Ethernet. Dołączono do niej także podsystem CAD na komputerach SUN z systemem Solaris.

Przeprowadzono badania zarówno całej instalacji sieciowej, jak i modelu instalacji CIM stworzonego w tym środowisku sieciowym [29, 30].

2.5.4. Badania w IITiS PAN

W Instytucie Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach prowadzono badania współpracy segmentów przewodowych i bezprzewodowych sieci CIM [40]. Opracowano konwerter protokołu przekazu danych, umożliwiający zmianę formatu przesyłek w celu uzyskania przejścia na media bezprzewodowe (radiowe i podczerwone). Media takie zostały określone w normie IEC 1158-2, a potrzeba ich stosowania występuje coraz częściej w praktyce przemysłowej. Wynikiem opracowania [41] jest modelowy system konwersji, w postaci dobranych, gotowych: mikrokontrolera i modułów komunikacyjnych, z dokumentacją techniczną i oprogramowaniem. Określono typowe konwersje, zakresy ich stosowania, oraz przeprowadzono badania.

Ponadto przygotowano i przeprowadzono badania integracji sieci lokalnych za pomocą sieci rozległej, w relacji IITiS PAN. Gliwice - PIAP Warszawa [39].

2.6. Zadanie 6. Badania wspólne kompatybilności poszczególnych instalacji sieciowych. Testy zgodności ze standardami

W zadaniu 5., w poszczególnych instytutach, przeprowadzono badania wzajemnej współpracy zestawionych w tych instytutach instalacji i zestawów badawczych. Zostały sprawdzone i przetestowane zarówno interfejsy między oprogramowaniem komunikacyjnym a oprogramowaniem aplikacyjnym, jak i działanie bram oraz mostów łączących różnorakie segmenty sieci. Natomiast badania wspólne w zadaniu 6. miały na celu sprawdzenie kompatybilności wzajemnej instalacji sieciowych opracowanych w różnych laboratoriach i przeprowadzenie testów zgodności ze standardami.

Badania wspólne [raport 16] objęły testowanie współpracy segmentów opracowanych w ITMiA i PIAP dwóch typów sieci: PROFIBUS i standardu IEEE 802.3, a więc tych sieci które mają obecnie największe znaczenie w praktyce przemysłowej i które mają największy udział w zbudowanych instalacjach pilotażowo-badawczych. Do przeprowadzenia tych dwóch badań części instalacji sieciowych były przewożone do jednego laboratorium.

Ponadto celem sprawdzenia integracji sieci zakładowych za pomocą sieci rozległych przeprowadzono wspólne badanie, za pomocą eksperymentalnego połączenia między laboratoriami PIAP i IITiS PAN w Gliwicach [16].

Do przeprowadzenia testów zgodności poszczególnych instalacji i ich składników ze standardami wykorzystano zakupione oryginalne urządzenia, oprogramowania i testy z uznanych zagranicznych firm. Produkty te uprzednio podlegały badaniom i certyfikacji w laboratoriach posiadających akredytację odpowiednich organizacji międzynarodowych. W ramach projektu badania zgodności przeprowadzono u wszystkich wykonawców. Badaniom podlegały wszystkie składniki instalacji, zarówno sprzętowe, jak i programowe. Badania prowadzono w ramach każdego ze standardów sieci, jak i przy komunikacji między powiązаныmi segmentami różnych standardów. M.inn. badano komunikację i współpracę w relacjach PROFIBUS - IEEE 802.3 oraz LonWorks - PROFIBUS w PIAP, a także współpracę systemu InterBus-S z siecią IEEE 802.3. Opisy stanowisk badawczych, metodologii, testów i rezultaty badań podano w [16, 23, 30, 31, 32, 39, 47, 50].

Zostały także przeprowadzone wzorcowe badania kompatybilności elektromagnetycznej, w pełnym zakresie prób wymaganych normami międzynarodowymi: kanałów sieci LonWorks w PIAP [16, 42] i sieci CAN ze sterownikami w ITMiA [23].

Rezultaty przeprowadzonych badań wspólnych, badań zgodności i badań kompatybilności elektromagnetycznej dały wyniki pozytywne. Zakupione i opracowane składniki instalacji pilotażowo-badawczych współpracują ze sobą i są zgodne z przyjętymi wzorcami, a co za tym idzie są zgodne ze standardami odnośnych systemów komunikacyjnych.

2.7. Zadanie 7. Opracowanie dokumentacji i podręczników oraz zaleceń organizacyjnych i technicznych dotyczących CIM w środowisku sieci lokalnych przedsiębiorstw, zgodnych z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI

W ostatnim zadaniu projektu przeprowadzono końcową kwalifikację dotyczącą wprowadzania do przemysłu poszczególnych składników sprzętowych i programowych, jak i kompleksowych rozwiązań systemowych, które były przedmiotem prac badawczych. Przy tej kwalifikacji wzięto pod uwagę zarówno rezultaty badań, wyniki testów kompatybilności, jak również ocenę aktualnego stanu techniki światowej w II połowie 1997 roku oraz aspekty cenowe i warunki dostawy.

Rezultaty projektu, w tym wnioski z badań i kwalifikacji zawarto w opracowanych podręcznikach i poradnikach dotyczących rozwiązań i składników systemowych zalecanych do stosowania. Będą one służyły do upowszechnienia wyników projektu. Omówienie zawartości tomów znajduje się w rozdz. 5.

Trwałym rezultatem projektu są także wykonane instalacje pilotowe otwartych sieci komunikacyjnych, które będą wykorzystane do celów demonstracyjnych, szkoleniowych oraz dalszych prac badawczych. Zestawienie i informacje o instalacjach są podane w tomie 10.

W procesie wdrażania rezultatów projektu będą także wykorzystane raporty i sprawozdania, zawierające dokumentacje projektowe instalacji, procedury i rezultaty badań, zalecenia i zasady

wprowadzania otwartych sieciowych systemów komunikacji w przemyśle krajowym. Lista raportów i sprawozdań stanowi rozdz. 4.

3. WYNIKI PROJEKTU

Na podstawie zebranych raportów i sprawozdań, zbudowanych instalacji, wykonanych badań i przeprowadzonych odbiorów każdego z 7 zadań ujętych w harmonogramie projektu ustalono, iż w toku dwu i półletniego okresu realizacji projektu zostały wykonane wszystkie stawiane cele.

3.1. Wykonane zadania

- Dokonano pełnego i wszechstronnego przeglądu rozwiązań otwartych sieciowych systemów komunikacyjnych stosowanych w przemyśle, w obszarach sterowania procesami wytwórczymi (z uwzględnieniem poziomów hierarchii), jak też w obszarach przygotowania, planowania i zarządzania produkcją.
- Zebrano informacje i dokonano analiz przemysłowych systemów sieciowych, jak też stosowanych produktów sprzętowych i programowych.
- Dokonano wyboru systemów i rozwiązań najodpowiedniejszych do potrzeb krajowych przedsiębiorstw przemysłowych, także z uwzględnieniem charakteru procesów wytwórczych - szybkozmiennych, wolnozmiennych, w środowiskach zagrożonych wybuchem.
- Podano opisy struktury otwartego sieciowego systemu komunikacyjnego, zestawiono wymagania techniczne, funkcjonalne i eksploatacyjne.
- Opracowano wzorcowe projekty sieci komunikacyjnych, wraz z wyborem sprzętu i oprogramowania.
- Przeprowadzono analizę i badania zagadnień integracji sieci różnych poziomów i różnych standardów; skompletowano (po części opracowano oryginalne) składniki integrujące: bramy, mosty, rutery, wraz z oprogramowaniami.
- Zaprojektowano, zestawiono, uruchomiono pilotażowo-badawcze instalacje CIM, będące reprezentatywnymi realizacjami wzorcowych otwartych sieci komunikacyjnych, jak też propozycjami rozwiązań umożliwiającymi integrację sprzętu i oprogramowania różnych producentów w ramach otwartego systemu komunikacji.
- Wybrane, następnie zbudowane instalacje sieciowe wyposażono w oprogramowania komunikacyjne wszystkich warstw, programowe interfejsy aplikacyjne (API), systemy oprogramowań użytkowych, jak też wyposażenie eksploatacyjne - monitory sieciowe i oprogramowanie testowe. W oprogramowaniach interfejsów aplikacyjnych wykorzystano przede wszystkim protokoły MMS i FTAM.
- Opracowano metodologię badań, przeprowadzono badania wszystkich zbudowanych instalacji, w celu weryfikacji wybranych rozwiązań i sprawdzenia funkcjonalności, parametrów komunikacyjnych, zgodności ze standardami, współpracy wzajemnej urządzeń i oprogramowań, odporności na oddziaływania środowiska przemysłowego.
- Dokonano przeglądu stanu normalizacji przemysłowych systemów komunikacyjnych, wykorzystano wymagania normalizacyjne przy wyborze rozwiązań i produktów.

- Do wybranych rozwiązań systemów komunikacyjnych rozpoznano i praktycznie sprawdzono metodologię projektowania, konfigurowania, uruchamiania i testowania. Zakupiono i sprawdzono oprogramowania wspomagające powyższe procesy. Opracowano odpowiednie podręczniki.

3.2. Rezultaty projektu przeznaczone do wdrażania

W wyniku realizacji projektu powstały następujące trwałe, udokumentowane rezultaty, które będą służyły upowszechnianiu i wdrażaniu sieciowych systemów komunikacyjnych do integracji wytwarzania:

- podręczniki, zawierające podsumowanie rezultatów projektu, zebraną syntetyczną wiedzę o przemysłowych systemach komunikacyjnych, w tym podręczniki monograficzne poszczególnych standardów sieci wybranych w ramach projektu. Podręczniki są przeznaczone do szerokiego rozpowszechniania rezultatów projektu, głównie wśród pracowników przedsiębiorstw przemysłowych, jak też studentów. Omówienie zawartości poszczególnych tomów znajduje się w rozdz. 5 niniejszego, pierwszego tomu.
- raporty z realizacji poszczególnych zadań projektu, oraz sprawozdania z realizacji kolejnych etapów umów o prace naukowo-badawcze zawartych ze współwykonawcami. Dokumentacje te zawierają obszernie opracowania i analizy poszczególnych tematów, sprawozdania z przeprowadzonych badań, zawierające metodologię, wyniki badań i ocenę rezultatów. Wykaz raportów zamieszczono w rozdz. 4. Ponadto w rozdz. 6. zamieszczono indeks najważniejszych opracowanych tematów.
- wzorcowe instalacje pilotażowo-badawcze, zgrupowane w laboratoriach stanowiących zaczątki centrów nowych technologii (*Competence Center*), znajdują się w Instytucie Technologii Maszyn i Automatyzacji Politechniki Wrocławskiej, w Przemysłowym Instytucie Automatyki i Pomiarów w Warszawie i w Instytucie Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej. Te trzy instytucje prowadzą działalność szkoleniową i promocyjną zmierzającą do upowszechnienia wiedzy dotyczącej integracji procesów wytwarzania za pomocą otwartych sieciowych systemów komunikacji. Wykaz i charakterystykę instalacji zamieszczono w tomie 10.
- ponadto w wybranych specjalizacjach będą wdrażać swoje rezultaty projektu:
 - Wydziałowy Zakład Informatyki Politechniki Wrocławskiej, w zakresie architektury i projektowania sieci nadrzędnych CIM,
 - Instytut Informatyki Teoretycznej i Stosowanej PAN w Gliwicach, w zakresie bezprzewodowych (radiowych) segmentów sieci przemysłowych, jak też doboru i konfigurowania sieci biurowych i przemysłowych, lokalnych i rozległych, a szczególnie sieci stosujących protokół FTAM.

4. WYKAZ DOKUMENTACJI POWSTAŁEJ W TOKU REALIZACJI PROJEKTU

4.1. Wykaz podręczników

1. Projekt badawczy zamawiany PBZ-31-05 "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania" - omówienie rezultatów, przegląd podręczników
2. Struktura i elementy funkcjonalne systemów zautomatyzowanego wytwarzania, część I - w zakresie technologii mechanicznych
3. Struktura i elementy funkcjonalne systemów zautomatyzowanego wytwarzania, część II - w zakresie innych technologii
4. Sieci komunikacyjne w zastosowaniach przemysłowych - zagadnienia systemowe
5. Stan normalizacji sieci integrujących automatyzację wytwarzania
6. Przemysłowe sieci lokalne
7. Sieć PROFIBUS
8. Sieć miejscowa InterBus-S
9. Sieć miejscowa LonWorks
10. Katalog wyników Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-31-05

4.2. Wykaz raportów i sprawozdań

- **Raporty Przemysłowego Instytutu Automatyki i Pomiarów z ukończenia zadań**
 11. Raport z realizacji zadania 1. Sprawozdanie nr arch. 7248, Warszawa 1995
 12. Raport z realizacji zadania 2. Sprawozdanie nr arch. 7303, Warszawa 1996
 13. Raport z realizacji zadania 3. Sprawozdanie nr arch. 7343, Warszawa 1996
 14. Raport z realizacji zadania 4. Sprawozdanie nr arch. 7396, Warszawa 1996
 15. Raport z realizacji zadania 5. Sprawozdanie nr arch. 7443, Warszawa 1997
 16. Raport z realizacji zadania 6. Sprawozdanie nr arch. 7473, Warszawa 1997

- **Raporty Instytutu Technologii Maszyn i Automatykacji Politechniki Wrocławskiej z ukończenia zadań**
 18. Raport z realizacji zadania 1. Serii: SPRAWOZDANIA nr 53/95, Wrocław 1995
 19. Raport z realizacji zadania 2. Serii: SPRAWOZDANIA nr 14/96, Wrocław 1996
 20. Raport z realizacji zadania 3. Serii: SPRAWOZDANIA nr 19/96, Wrocław 1996
 21. Raport z realizacji zadania 4. Serii: SPRAWOZDANIA nr 1/97, Wrocław 1997
 22. Raport z realizacji zadania 5. Serii: SPRAWOZDANIA nr 13/97, Wrocław 1997
 23. Raport z realizacji zadania 6. Serii: SPRAWOZDANIA nr 14/97, Wrocław 1997

- **Raporty Instytutu Automatyki i Informatyki Stosowanej Politechniki Warszawskiej**
- 25. 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; IAIIS PW, raport nr 95-18, Warszawa 1995
- 26. Sacha K.: Projekt bramy Profibus - TCP/IP; IAIIS, raport nr 96-04. Warszawa 1996
- 27. Toczyłowski E. i inn.: Projekt modelu instalacji CIM realizującej funkcje sterowania operatywnego i harmonogramowania produkcji w modelowanym gnieździe produkcyjnym; IAIIS PW, raport nr 96-7, Warszawa 1996
- 28. Sacha K.: Implementacja bramy Profibus - TCP/IP; IAIIS PW, raport nr 96-19, Warszawa 1996
- 29. Toczyłowski E. i inn.: Implementacja modelu instalacji CIM realizującej funkcje sterowania operatywnego dla modelowanego gniazda produkcyjnego; IAIIS PW, raport nr 96-20, Warszawa 1996
- 30. Toczyłowski E. i inn.: Integracja i badanie modelu instalacji CIM; IAIIS PW, raport nr 96-35, Warszawa 1996
- 31. Sacha K.: Dokumentacja bramy Profibus - TCP/IP; IAIIS, raport nr 97-01, Warszawa 1997
- 32. Toczyłowski E. i inn.: Dokumentacja laboratoryjnego modelu instalacji CIM; IAIIS, raport nr 97-02, Warszawa 1997
- **Raporty Wydziałowego Zakładu Informatyki na Wydziale Informatyki i Zarządzania Politechniki Wrocławskiej :**
- 33. Fryźlewicz Z., Kosmulska-Bochenek E., Stanisław A.: Sieci nadrzędne w zintegrowanych systemach wytwarzania (CIM). Architektura sieciowa; Wydziałowy Zakład Informatyki PWro. Raport serii SPR nr 10/95. Wrocław 1995
- 34. Bieleninik E., Janczewski K., Kosmulska-Bochenek E., Stanisław A.: Opracowanie definicji i implementacji interfejsów programowych do usług FTAM i MMS dla wybranych platform sprzętowo-programowych; Wydziałowy Zakład Informatyki PWro. Raport serii SPR nr 6/96
- 35. Kosmulska-Bochenek E.: Sieci MAP/TOP. Architektura i zastosowania; Wydziałowy Zakład Informatyki PWro. Raport serii SPR nr 11/96. Wrocław 1996
- 36. Bieleninik E., Janczewski K., Kosmulska-Bochenek E., Stanisław A.: Opracowanie wzorcowych rozwiązań architektury sieci nadrzędnych w systemach CIM, (wyd.2 rozszerzone); Wydziałowy Zakład Informatyki PWro. Raport serii SPR nr 2/97. Wrocław 1997
- 37. Bieleninik E., Kosmulska-Bochenek E.: Tworzenie aplikacji MMS na przykładzie pakietu oprogramowania MMS-EASE; Wydziałowy Zakład Informatyki PWro. Raport serii SPR nr 18/97. Wrocław 1997
- **Raporty Instytutu Informatyki Teoretycznej i Stosowanej Polskiej Akademii Nauk w Gliwicach:**
- 38. Krupiczka A. i inn.: Sieciowe oprogramowanie komunikacyjne realizujące MMS i FTAM zgodnie z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI. Etap 1: Opracowanie koncepcji

wymiany informacji w heterogenicznym środowisku sieciowym przedsiębiorstwa przemysłowego; IITiS PAN Gliwice 1996

39. Kowalczyk G. i inn.: Sieciowe oprogramowanie komunikacyjne realizujące MMS i FTAM zgodnie z siedmiowarstwowym modelem ISO/OSI. Etap 4: Implementacja i badanie modułów interfejsowych w heterogenicznym środowisku sieciowym CIM; IITiS PAN Gliwice 1996
 40. Małysiak H., Caban D., Zieliński B.: Bezprzewodowe media komunikacyjne. Etap 2: Zasady stosowania transmisji bezprzewodowej w systemach CIM; IITiS PAN Gliwice 1996
 41. Małysiak H., Caban D., Zieliński B.: Bezprzewodowe media komunikacyjne. Etap 5: Realizacja i badanie współpracy segmentów przewodowych i bezprzewodowych sieci CIM; IITiS PAN Gliwice 1996
- **Przedmiotowe raporty PIAP:**
42. Godzisz Cz. i inn.: Zastosowanie sieci LonWorks do komputerowo zintegrowanego wytwarzania. Badania odporności na zakłócenia elektromagnetyczne trzech wydzielonych kanałów sieci LonWorks; Raport PIAP LAB Nr 007/97
 43. Goszczyński T.: Analiza i dobór składników sieci LonWorks w systemie komunikacyjnym przedsiębiorstwa; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7257. Warszawa 1995
 44. Goszczyński T., Jaszek M.: Założenia dla badawczej instalacji sieci LonWorks; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7294. Warszawa 1996
 45. Goszczyński T., Kramarz A.: Projekt dla badawczej instalacji sieci LonWorks; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7312. Warszawa 1996
 46. Goszczyński T.: Zastosowanie sieci LonWorks do komputerowo zintegrowanego wytwarzania. etap 4. Zestawienie i uruchomienie badawczej instalacji sieci LonWorks; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7352. Warszawa 1996
 47. Goszczyński T.: Zastosowanie sieci LonWorks do komputerowo zintegrowanego wytwarzania. etap 5. Badania instalacji sieci LonWorks w warunkach symulowanego środowiska przemysłowego, w tym badania współpracy z sieciami wyższego rzędu; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7413. Warszawa 1997
 48. Petz M., Pilat Z.: Zrobotyzowane gniazdo pracujące w instalacji sieciowej CIM. Etap 1: Projekt zrobotyzowanego gniazda; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7277. Warszawa 1995
 49. Pietrusiński Z., Zychowicz M.: Opracowanie i wykonanie wzorcowego stanowiska operatorskiego nadzorującego symulowany system automatycznej regulacji i sterowania. Etap 1: Opracowanie założeń oraz projektu stacji operatorskiej i zestawu badawczego; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7293. Warszawa 1996
 50. Pietrusiński Z., Zychowicz M.: Opracowanie i wykonanie wzorcowego stanowiska operatorskiego nadzorującego symulowany system automatycznej regulacji i sterowania. Etap 4: Badania funkcjonalne stacji i instalacji badawczej, weryfikacja oprogramowania, w tym badania współpracy z sieciami wyższego rzędu; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7357. Warszawa 1996
 51. Pietrusiński Z., Zychowicz M.: Opracowanie i wykonanie wzorcowego stanowiska operatorskiego nadzorującego symulowany system automatycznej regulacji i sterowania.

- Etap 5: Weryfikacja wyników badań, opracowanie zaleceń technicznych i podręcznika dla stacji operatorskiej; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7463. Warszawa 1997
52. Syrczyński A. i inn.: Zestawienie i uruchomienie warstwy sieciowej w LSS. Sprawozdanie PIAP nr arch. 7354. Warszawa 1996
53. Więcko R., Zasucha A.: Adaptacja laserowego systemu pomiaru grubości do współpracy z siecią PROFIBUS. Etap 1. Opracowanie projektu i adaptacja laserowego systemu pomiaru grubości; Sprawozdanie PIAP nr arch. 7275. Warszawa 1995

5. OMÓWIENIE ZAWARTOŚCI PODRĘCZNIKÓW ZAWIERAJĄCYCH REZULTATY PROJEKTU

Tom pierwszy, niniejszy, jest przewodnikiem po całości rezultatów Projektu. Następne cztery tomy zawierają ogólną wiedzę dotyczącą systemów zintegrowanego wytwarzania, jak też różnych rodzajów sieci i systemów komunikacyjnych stosowanych w przemyśle. W tomach 2. i 3. omawia się struktury i elementy funkcjonalne systemów zintegrowanego wytwarzania w zakresie poszczególnych technologii wytwarzania. Tom 4. jest podręcznikiem o sieciach komunikacyjnych stosowanych w przemyśle. Wreszcie tom 5. omawia stan normalizacji sieci stosowanych w przedsiębiorstwach przemysłowych.

Dalsze cztery tomy zawierają wiedzę o rodzajach i standardach sieci wybranych w Projekcie i zalecanych do stosowania w przemyśle krajowym. Są to przemysłowe sieci lokalne (tom 6.), sieć PROFIBUS (tom 7.), sieć miejscowa LonWorks (tom 8.) i sieć miejscowa InterBus-S (tom 9.).

Ostatni tom, 10. - Katalog wyników Projektu Badawczego Zamawianego zawiera charakterystykę wykonanych w Projekcie instalacji badawczych i pilotażowych, oprogramowanie rozpoznane w Projekcie i listę dostawców produktów sieciowych.

Tom 2. Struktura i elementy funkcjonalne systemów zintegrowanego wytwarzania część I - w zakresie technologii mechanicznych

Systemy komputerowo zintegrowanego wytwarzania w pierwszej kolejności były ukierunkowane na dyskretny procesy wytwarzania i najwcześniej znalazły zastosowanie w przedsiębiorstwach i wydziałach stosujących technologie mechaniczne. Dlatego odrębny tom rezultatów projektu został poświęcony wyłącznie systemom zintegrowanego wytwarzania w zakresie technologii mechanicznych.

W pierwszym rozdziale omawia się temat ogólnie i wprowadza terminologię. Rozdział drugi jest poświęcony informacji technicznej w przedsiębiorstwie, jej strukturze i przepływowi.

Największą, zasadniczą część podręcznika wypełnia rozdział trzeci, opisujący techniki komputerowe wspomagające procesy wytwarzania. Są to systemy projektowania i przygotowania produkcji, oznaczane skrótem CAD/CAP, dalej systemy planowania i sterowania produkcją PPC, SFC, CAM, CA i wreszcie systemy zarządzania i przetwarzania danych w produkcji MRPII, RDBMS.

W rozdziale czwartym przedstawiono standardy wymiany danych w systemach zintegrowanego wytwarzania. Kolejny, piąty rozdział omawia wymagania organizacyjne i funkcjonalne związane z wdrażaniem technik zintegrowanego wytwarzania. Ostatni szósty rozdział jest przeglądem standardów komunikacji sieciowej w zintegrowanym wytwarzaniu.

Tom 3. Struktura i elementy funkcjonalne systemów zintegrowanego wytwarzania część II - w zakresie innych technologii

Tom stanowi dopełnienie tematyki podręcznika nr 2., dla technologii innych niż mechaniczne, to jest głównie w odniesieniu do procesów produkcyjnych ciągłych i wsadowych.

Na wstępie są wprowadzone pojęcia podstawowe dotyczące procesów produkcyjnych i ich automatyzacji. Następnie omówione są zagadnienia komputerowej integracji procesów produkcyjnych, w tym zadania, struktury i elementy systemów zintegrowanej produkcji. Dalszym tematem jest charakterystyka danych, strumieni oraz zasobów informacji - baz danych.

W nawiązaniu do środków komunikacji są prezentowane normy stowarzyszone protokołu MMS dotyczące procesów produkcyjnych.

Szeroko są omówione techniki komputerowe wspomagające monitorowanie i sterowanie procesów, w tym interfejsy aplikacyjne oraz systemy wizualizacji i kontroli procesów produkcyjnych SCADA (*Supervisory Control and Data Acquisition*).

Tom 4. Sieci komunikacyjne w zastosowaniach przemysłowych - zagadnienia systemowe

Podręcznik zawiera obszerne kompendium wiedzy w zakresie sieci stosowanych w przedsiębiorstwach przemysłowych. Podręcznik podzielono na cztery części.

W części I, *Systemy komunikacyjne*, w pierwszym rozdziale znajduje się wprowadzenie do tematyki sieci komunikacyjnych oraz standardów systemów otwartych, włącznie z opisem podstawowego modelu odniesienia ISO/OSI i przykładami systemów otwartych.

W następnych rozdziałach są omawiane najniższe warstwy systemów komunikacyjnych. Drugi rozdział opisuje elektryczne łącza komunikacyjne, a więc rodzaje mediów i standardy sygnałów transmisji danych, zaś rozdział trzeci przedstawia podstawowe metody transmisji danych. Ostatni rozdział tej części dotyczy protokołów warstwy łącza danych - omawia topologie sieci, metody dostępu do medium i formaty ramek transmisyjnych.

Część II, *Sieci komputerowe oraz sieci typu Fieldbus* jest przeglądem najbardziej rozpowszechnionych sieci stosowanych w przemyśle, w tym sieci miejscowych, sieci lokalnych, szybkich sieci komputerowych LAN i MAN i sieci rozległych. Poruszone są też metody łączenia sieci.

Część III *Systemy otwarte*, omawia standardy systemów otwartych, a następnie protokoły warstw wyższych: transportowej i aplikacyjnej w najczęstszych realizacjach systemów otwartych.

Część IV, *Architektury sieci w CIM*, podaje rodzaje architektur sieciowych w zautomatyzowanym wytwarzaniu i automatyce przemysłowej, wprowadza w zagadnienie integracji sieci i na koniec daje przykłady rozwiązań sieci komunikacyjnych.

Tom 5. Stan normalizacji sieci integrujących automatyzację wytwarzania

Podręcznik podaje aktualny stan normalizacji sieci stosowanych w przedsiębiorstwach przemysłowych, w zakresie norm międzynarodowych, europejskich i polskich - ISO, IEC, EN, PN.

Z zagadnień ogólnych omawia się przeznaczenie podręcznika, cele normalizacji, obecne trendy normalizacyjne w latach 1995 - 1997, jak też zalecany sposób wykorzystania norm i przepisów zebranych w podręczniku przez wdrażających wyniki PBZ. Omówiono też zasady dopuszczania do użytkowania (w tym certyfikacji) sieci stosowanych w przedsiębiorstwach przemysłowych.

W części szczegółowej podręcznika można znaleźć wykazy norm oraz opisy i komentarze do grup norm, jak też odniesienia norm do przedmiotu PBZ. Normy zgrupowano następująco: normy dotyczące zagadnień sieciowych (sieci lokalnych i miejscowych), ważniejsze normy przedmiotowe dotyczące sprzętu i oprogramowania, następnie normy dotyczące: warunków środowiskowych, kompatybilności elektromagnetycznej, bezpieczeństwa, normalizacji i badania systemów, normy dotyczące prezentacji produktu, dyrektywy Unii Europejskiej.

Tom 6. Przemysłowe sieci lokalne

Podręcznik podaje podstawową wiedzę i szczegółowe informacje o najbardziej rozpowszechnionych sieciach lokalnych stosowanych w przemyśle. Pierwszym tematem jest siedmiowarstwowy model odniesienia ISO/OSI, z krótkim opisem poszczególnych warstw protokołu i podaniem sposobów realizacji modelu.

Następnie są przedstawione technologie warstw 1 i 2 stosowane w lokalnych sieciach przemysłowych, przede wszystkim standard 802.3, a także standardy 802.4, 802.5, FDDI.

Dalsze rozdziały opisują sieci realizujące protokół MMS (jak też związane z ich stosowaniem normy stowarzyszone do MMS), sieci realizujące protokół FTAM, sieci realizujące protokół TCP/IP. Odrębnie jest przedstawiony najczęściej stosowany sieciowy system operacyjny Novell NetWare.

Podręcznik kończą zalecenia stosowania.

Tom 7. Sieć PROFIBUS

Podręcznik zawiera obszerny opis rodziny sieci PROFIBUS. W pierwszym rozdziale podaje się genezę, rozwój, stan obecny i sfery zastosowań.

Następnie jest omówiona architektura protokołów sieci PROFIBUS, w tym warstwa fizyczna, warstwa łącza danych oraz warstwy aplikacyjne w wersji PROFIBUS FMS i w wersji PROFIBUS DP. Odrębnie jest opisana charakterystyka wersji PROFIBUS PA.

Dalsze rozdziały opisują zarządzanie i monitorowanie sieci, współpracę urządzeń różnych wersji PROFIBUS oraz integrację z innymi sieciami.

Wykonane w ramach projektu instalacje badawcze i pilotażowe, jak też opracowane testy, przeprowadzone badania i ich wyniki są przedstawione w dalszych częściach podręcznika.

Przedstawieni są główni dostawcy i wybrane produkty. Podręcznik kończą informacje o środkach wspomagania użytkowników w zakresie projektowania, konfiguracji i serwisu.

Tom 8. Sieć miejscowa InterBus-S

Sieć InterBus-S jest wybranym w projekcie reprezentantem sieci najniższego poziomu - prostym systemem komunikacyjnym czujników/elementów wykonawczych. W I części podręcznika znajdujemy wprowadzenie i określenie wymagań stawianych takim systemom komunikacyjnym.

Druga część zawiera kolejno opis budowy systemu InterBus-S (media, topologia, elementy), omówienie transmisji danych, wreszcie przedstawia architekturę protokołu komunikacyjnego, włącznie z zarządzaniem siecią i interfejsem aplikacyjnym.

Trzecia część jest poświęcona zastosowaniom, podaje przykłady aplikacji, opisuje środki wspomagania projektanta, integratora i zarządzającego siecią. Omawia się integrację z systemami nadrzędnymi. Końcowe punkty to opis zbudowanej w ITMiA instalacji pilotowej oraz wskazania dostawców i produktów systemu.

Tom 9. Sieć miejscowa LonWorks

Wstęp zawiera krótki ogólny opis i genezę sieci. Dalsze rozdziały prezentują media transmisyjne, w tym zaaprobowane kanały transmisyjne oraz dostępne obecnie nadajniki i odbiorniki, a następnie protokół transmisji LonTalk.

Obszernie potraktowano podstawowy mikroukład NEURON CHIP, zawierający 3 mikroprocesory: transmisyjny, sieciowy i użytkowy; oraz firmowe urządzenia (oddalone moduły automatyki) wykorzystujące wbudowane układy transmisji LonWorks. Dalsza część zajmuje się oprogramowaniami do konfigurowania sieci i do projektowania urządzeń LonWorks.

Przedstawiona jest wielokanałowa instalacja pilotażowo-badawcza LonWorks zbudowana w PIAP, a także badania przeprowadzone na tej instalacji.

Dalsza część podręcznika zawiera tabele dostawców i produktów systemu LonWorks oraz informacje o wspomaganiu użytkowników przez firmę Echelon: kursach, pomocy technicznej, organizacjach, literaturze. Ostatnia część zawiera przykłady i zalecenia stosowania sieci LonWorks.

Tom 10. Katalog wyników Projektu Badawczego Zamawianego PBZ-31-05

Katalog składa się z trzech części. Pierwsza podaje informacje o każdej z wykonanych w projekcie instalacji pilotażowo-badawczych. Wykaz jest dość szczegółowy, bowiem każdy segment sieci i każda aplikacja stanowią odrębną pozycję.

Druga część podaje informacje o oprogramowaniach rozpoznanych w projekcie, takie jak: opis funkcjonalny, informacje o dostawcy, platformie sprzętowej i programowej, kartach sieciowych.

Trzecia część to lista dostawców i ich produktów rozpoznanych w trakcie wykonywania projektu.

6. INDEKS OPRACOWANYCH TEMATÓW

W alfabetycznym indeksie zawarto tematy szerzej opracowane w toku realizacji projektu, które znalazły się jako części, bądź rozdziały raportów i sprawozdań. Indeks wskazuje użytkownikom drogę dotarcia do całości rezultatów projektu, to jest wszystkich przeprowadzonych analiz i badań, zawartych w ponad 50 dokumentacjach. Z nich tylko podręczniki (10 tomów) przewidziane są do wydania drukiem w ramach prac wdrożeniowych, pozostałe opracowania znajdują się w placówkach naukowych które wykonywały projekt.

Wszystkie liczby są odniesieniami do wykazu dokumentacji powstałej w toku realizacji projektu - rozdz. 4

Analiza możliwości unifikacji interfejsów aplikacyjnych MMS i FTAM	34
Analiza rozwiązań otwartych systemów komunikacyjnych	12, 19
Analiza wybranych przedsiębiorstw w aspekcie systemów CIM	11, 18
Architektura MAP, TOP	12, 35
Architektury sieci komputerowych, topologie, struktury, technologie, przykłady	12, 19, 36
Badania sieci, terminologia, zalecenia, metodyka, kryteria	16
Brama InterBus-S - TCP/IP	21
Brama PROFIBUS - LonWorks	15, 46, 47
Brama PROFIBUS - sieć IEEE 802.3	15
Brama PROFIBUS - TCP/IP, opis, projekt, programy testów, implementacja, instrukcja użytkownika, badania	30, 31
Elementy sieci, opisy, charakterystyki, przykłady	12, 19, 36
Instalacje pilotażowe CIM na wyższych uczelniach technicznych w Niemczech	18
Instalacje pilotażowe w Projekcie, założenia	12
Instalacje pilotażowe w ITMiA Politechniki Wrocławskiej, koncepcja, elementy	19
- " - projekty modułów CIM, projekty i opisy techniczne podsieci	21, 22
- " - badania torów transmisyjnych	22
Instalacje pilotażowe w PIAP, zadania i założenia	12, 49
- " - projekty	12, 45, 48
- " - zestawienie, uruchomienie, badania	15, 16, 50
Integracja sieci LonWorks - PROFIBUS, badania	16, 46, 47
Integracja sieci InterBus-S z siecią IEEE 802.3, implementacja bramy, badania współpracy	23
Integracja sieci PROFIBUS - IEEE 802.3, badania	16, 52
Integracja sieci PROFIBUS z sieciami o protokole TCP/IP	25, 26
Integracja sieci zakładowych za pomocą sieci rozległych	16, 39

Interfejs aplikacyjny FTAM, protokół	14, 19, 33-35
- " - produkty komunikacyjne	38, 39
- " - badania sieciowe	39
- " - implementacja - pakiet SunLink FTAM	39
Interfejs aplikacyjny MMS, protokół, opis, usługi	14, 34, 37
- " - przykłady stosowania	37
- " - produkty komunikacyjne	38
Kompatybilność elektromagnetyczna sieci miejscowych, badania sieci InterBus-S	22
- " - badania kanałów sieci LonWorks	16, 42
- " - badania sterowników CRIO z interfejsem sieci CAN	23
Komputerowo wspomagane zapewnienie jakości CAQ	18
Komputerowo zintegrowane systemy wytwarzania CIM	33, 36
analiza potrzeb i możliwości stosowania w kraj. przedsiębiorstwach	11
badania aktualnego stanu i tendencji rozwojowych	11
identyfikacja obiektów, określenie struktur, zestawienie wymagań	11
struktury, oprogramowania	18, 36, 37
stan normalizacji składników	11
Media bezprzewodowe w sieciach przemysłowych ,	
charakterystyka, przegląd rozwiązań, standaryzacja, zalecenia	40
Media bezprzewodowe, realizacja i badania segmentu doświadczalnego	41
Metody integracji sieci lokalnych w systemach CIM	38, 39
Model instalacji CIM w IAIIS PW, projekt	25
- " - integracja i badania modelu	30
Modelowanie instalacji CIM, modele zadań	29
- " - metodologia, opis, projekt, przykład	27, 32
Modelowanie zadań, metodologia, projekt, przykład	32
Model odniesienia dla współdziałania systemów otwartych OSI	33, 35
- " - implementacje modelu, produkty	19
- " - siedmiowarstwowy model ISO/OSI	12
Norma stowarzyszona MMS dla sterowników numerycznych ISO/IEC 9506-4	21
Norma stowarzyszona MMS dla robotów	14
Programowy interfejs aplikacyjny API	34, 35, 37
- " - model ogólny	14, 21, 34
- " - wybrane produkty firmowe (MMS-EASE, EasyMAP, SunLink FTAM)	34

- " -	implementacja MMS-EASE (SISCO), opis, usługi, zalecenia korzystania	37
- " -	implementacja HP MMS/9000	21
- " -	implementacje sieci miejscowych CAN, InterBus-S, PROFIBUS	21
- " -	implementacje interfejsu PROFIBUS FMS	14
Projektowanie sieci CIM		36
Projektowanie strukturalne w systemach czasu rzeczywistego		27
Protokoły sieci komputerowych, rozwiązania firmowe, przegląd		19
Sieci CIM		33
- " -	rozwiązania wzorcowe sieci CIM	36
- " -	przegląd i klasyfikacja sieci	12
Sieci MAP/TOP		12
Sieci nadrzędne CIM, budowa, charakterystyka		36
- " -	zasady projektowania, zalecenia projektowe	36
Sieci wg standardu IEEE 802.3		19
- " -	opis standardu	21
Sieci z protokołem TCP/IP		19
Sieciowy system operacyjny Novell NetWare		19
Sieć miejscowa BITBUS		12
Sieć miejscowa CAN		19
- " -	sterownik typu CRIO, badania	22
Sieć miejscowa InterBus-S		19
Sieć miejscowa LonWorks		12, 43-47
Sieć PROFIBUS		12
- " -	badania	15, 22, 23
- " -	monitory	15, 22
Sieć światłowodowa FDDI 100 Mb/s		19
Specyfikacja komunikacji wytwarzania (MMS)		12, 33, 35, 37
Specyfikacja MAP/TOP		33
Symulacja procesów		32
System operacyjny czasu rzeczywistego OS-9, opis, implementacja warstw standardu PROFIBUS		21
Systemy kierowania wytwarzaniem SKW		18
Systemy SCADA, system PARAGON TNT		21
Systemy SCADA, system WIZCON		50, 51

Środki i metody automatyzacji w zintegrowanym wytwarzaniu	18
Środowiska integracji systemów CIM: CIME, BASEstar OPEN	38
Techniki CAx do projektowania, planowania, sterowania, zarządzania produkcją	18
Testowanie urządzeń sieci przed certyfikacją, metodologia	22
Warstwa fizyczna, struktura, trendy rozwoju	19
Współdziałanie procesów aplikacyjnych	37
Współpraca segmentów, badania zgodności, badania wspólne	16, 23
Wymagania narażeniowe na składniki sieciowych systemów komunikacyjnych	12
Wymagania stawiane systemom okablowania sieci przemysłowych	22
Zakres badań odpornościowych instalacji i zestawów	12