ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1997
Seria: INFORMATYKA z. 33 Nr kol. 1377

Włodzimierz BOROŃ
Instytut Systemów Sterowania

WŁASNOŚCI STANDARDÓW SIECI PRZEMYSŁOWYCH TYPU FIELDBUS: FIP, P-NET I PROFIBUS

Streszczenie. W pracy scharakteryzowano podstawowe własności sieci przemysłowych typu fieldbus, których standardy zawiera europejska norma EN 50170. Są to następujące standardy: WorldFIP, P-NET, PROFIBUS (FMS i DP). Dodatkowo scharakteryzowano również standard PROFIBUS-PA który stanowi wersję standardu PROFIBUS dostosowaną do wymagań iskrobezpieczeństwa, gdyż planowane jest rozszerzenie normy europejskiej o ten standard.

THE PROPERTIES OF THE INDUSTRIAL FIELDBUS NETWORK STANDARDS: FIP, P-NET AND PROFIBUS

Summary. This paper presents the properties of the industrial fieldbus network standards included in European Standard EN 50170. There are following standards: WordFIP, P-NET and PROFIBUS (FMS and DP). Additionally, the standard PROFIBUS-PA is characterized. It is the PROFIBUS version for intrinsically safe transmission. This standard will be also included into European Standard.

1. Wstęp

W pierwszej połowie 1996 r. europejska organizacja normalizacji CENELEC (Comité Européen de Normalisation Electrotechnique) ratyfikowała europejską normę standardu sieci przemysłowej typu fieldbus EN 50170. Norma EN 50170 zawiera w całości trzy narodowe standardy sieci przemysłowych WorldFIP, P-NET oraz PROFIBUS (FMS i DP). Są to standardy sprawdzone w wielu systemach automatyzacji zwłaszcza w krajach, w których powstały

(WorldFIP we Francji, P-NET w Danii i PROFIBUS w Niemczech). Systemy te zapewniają komunikację między inteligentnymi urządzeniami automatyki, a także między zdecentralizowanymi prostymi modułami wejść i wyjść.

Norma EN 50170 umożliwi dodatkową ochronę inwestycji użytkowników i zapewni lepszą pozycję rynkową producentom urządzeń zgodnych z tą normą. Na przykład wszystkie publiczne przetargi dotyczące sieci przemysłowych będą prowadzone z uwzględnieniem normy EN 50170. Zgodnie z regułami europejskiej standaryzacji norma ta będzie automatycznie obowiązkowo wykorzystana w pracach normalizacyjnych we wszystkich krajach europejskich. Do oceny standardów przejmowanych do normy EN zastosowano następujące kryteria:

- ważny standard narodowy z pełną specyfikacją: warstwy 1 (medium transmisji), warstwy 2 (transmisja danych), warstwy 7 (funkcje aplikacyjne) oraz zarządzania siecią,
- szeroki zakres zastosowań, sprawdzenie w dużej liczbie aplikacji przemysłowych,
- dostępność szerokiego spektrum produktów sieciowych,
- rodzaj topologii, stopień niezawodności transmisji,
- funkcje aplikacyjne porównywalne z ISO 9506 (MMS - Manufacturing Message Specification).

Standard FIP (Factory Instrumentation Protocol) powstał we Francji w 1987 r., jako wynik projektu wspieranego przez Ministerstwo Przemysłu i wiele firm skupionych w FIP Club. Standard jest opisany w krajowej normie francuskiej UTE C 4660. Producenci i użytkownicy głównie z Włoch i Francji założyli międzynarodową organizację WorldFIP w celu promocji i rozwoju tego standardu w skali światowej.

Standard P-NET jest opracowaniem duńskim z 1989 r., pochodzącym od firmy Process-Data. Standard jest rozpowszechniany bez opłat licencyjnych. Jest opisany w krajowej normie duńskiej DSF 21906. Od 1990 r. działa Międzynarodowa Organizacja Użytkowników P-NET. Standard PROFIBUS-FMS (PROcess Field BUS - Fieldbus Message Specification) powstał w Niemczech jako wynik projektu Ministerstwa Badań i Techniki. Głównymi realizatorami projektu były firmy Bosch, Klöckner Möller i Siemens. W 1991 r. powstała norma DIN 19245 cz. 1 i 2, zawierająca specyfikację standardu PROFIBUS.

Producenci i użytkownicy standardu współpracują w ramach Organizacji Użytkowników PROFIBUS (PNO), która promuje standard i przyznaje certyfikaty na urządzenia z interfejsem sieci.

Standard PROFIBUS-DP (Decentralized Peripherials) jest wersją standardu PROFIBUS opracowaną głównie przez firmę Siemens, w celu rozszerzenia zastosowań na szybkie systemy czujników/zadajników. W 1993 r. powstała norma DIN 19245 cz.3 zawierająca specyfikację standardu PROFIBUS-DP.

W celu spełnienia dążeń przemysłu przetwórczego do wprowadzenia techniki cyfrowej

przesyłania danych na najniższym poziomie automatyzacji z zapewnieniem iskrobezpieczeństwa i interoperacyjności systemów i urządzeń, w 1992 r. czołowe firmy z zakresu systemów automatyzacji Resemount, Fisher Controls, Yokogawa i Siemens rozpoczęły projekt o nazwie Interoperable Systems Project (ISP). Celem tego projektu było opracowanie nowego standardu sieci przemysłowej z wariantem zapewniającym iskrobezpieczeństwo. W 1994 r. za zgodą wszystkich stron projekt został przerwany. Doświadczenia z prac prowadzonych w ramach projektu ISP, a w szczególności w zakresie techniki transmisji z zapewnieniem iskrobezpieczeństwa miały wpływ na koncepcję standardu PROFIBUS-PA stanowiącego wariant PROFIBUS. Standard ten opisany jest w normie DIN 19245 cz.4. Planowane jest rozszerzenie normy europejskiej o ten standard.

W kolejnych rozdziałach pracy przedstawiono własności wymienionych standardów sieci przemysłowych rozpatrując kolejno: topologię i własności fizyczne, dostęp do medium, protokół transmisji, przepustowość sieci, możliwości implementacji oraz obszary zastosowań. Podstawowe cechy zaprezentowanych standardów sieci przemysłowych zebrano w tabeli 2.

2. Topologia i własności fizyczne

FIP

Sieć ma strukturę liniową z możliwością odgałęzień. Medium transmisji jest ekranowana skrętka dwuprzewodowa. Opcjonalnie może być zastosowane łącze światłowodowe tworząc strukturę gwiazdy. Szybkość transmisji wynosi 31,25 kbit/s, 1 Mbit/s lub 2,5 Mbit/s. Sieć może składać się z jednego lub kilku segmentów połączonych wzmacniaczami linii. Maksymalna długość sieci przy szybkości 1 Mbit/s wynosi 500 m, a przy szybkości 31,25 kbit/s maksymalna długość sieci może wynosić 2000 m. W sieci może być połączonych do 256 stacji. Sieć spełnia wymagania iskrobezpieczeństwa. Transmisja jest synchroniczna z kodowaniem sygnału metodą Manchester II. Jednocześnie z sygnałem informacyjnym może być przesyłane zasilanie sieci.

P-NET

Sieć ma strukturę pierścienia. Pierścienie mogą być łączone ze sobą tworząc strukturę Multi-net. Medium transmisji jest ekranowana skrętka dwuprzewodowa. Szybkość transmisji wynosi 76,8 kbit/s. Maksymalna długość segmentu sieci wynosi 1200 m. Może być połączonych do 128 stacji. Wyróżnia się stacje typu master, slave i controller gateways.

W sieci Multi-net może być połączonych do ok. 32 000 stacji. Transmisja jest asynchroniczna z kodowaniem sygnału w formacie NRZ. W wersji iskrobezpiecznej własności elektryczne sieci są zgodne z warstwą fizyczną standardu IEC IS 1158-2. Stosowana jest wtedy

transmisja synchroniczna z kodowaniem sygnału metodą Manchester II.

PROFIBUS-FMS, PROFIBUS-DP

Sieci te występują w dwóch wersjach w zależności od zastosowanego nośnika transmisji: sieć elektryczna w standardzie RS 485 z kablem w postaci ekranowanej skrętki dwuprzewodowej oraz sieć światłowodowa z kablem w postaci pary światłowodów. Sieć może składać się z jednego lub kilku segmentów połączonych wzmacniaczami linii (repeaters) lub aktywnych łączników do połączeń typu gwiazda (star couplers). Segmenty obu rodzajów sieci mogą być łączone ze sobą. W jednym segmencie może być przyłączonych do 32 stacji (z uwzględnieniem wzmacniaczy). Łącznie w sieci może być połączonych do 124 stacji. Sieć elektryczna może mieć również strukturę pierścienia lub gwiazdy. Maksymalna długość sieci zależy od ustalonej szybkości transmisji poczynając od 9,6 kbit/s. Maksymalna szybkość transmisji dla wersji PROFIBUS-FMS wynosi 1,5 Mbit/s, a dla wersji PROFIBUS-DP wynosi 12 Mbit/s. Transmisja jest asynchroniczna z kodowaniem sygnału w formacie NRZ.

Przy szybkości transmisji 1,5 Mbit/s maksymalna długość sieci elektrycznej wynosi 1 km, a maksymalna długość sieci światłowodowej wynosi 4,2 km. Przy mniejszych szybkościach transmisji zwiększa się dopuszczalna długość sieci.

PROFIBUS-PA

Sieć ma strukturę liniową. Własności elektryczne są zgodne z warstwą fizyczną standardu IEC IS 1158-2 przyjętego w 1994 r. jako standard międzynarodowy. PROFIBUS-PA spełnia wymagania iskrobezpieczeństwa według wariantu H1. Szybkość transmisji wynosi 31,25 kbit/s. Medium transmisji jest skrętka dwuprzewodowa. Jednocześnie z sygnałem informacyjnym może być przesyłane zasilanie sieci. Maksymalna długość segmentu sieci wynosi 1900 m. W sieci może być przyłączonych do 32 stacji. W wersji iskrobezpiecznej może być przyłączonych do 10 stacji. Transmisja jest synchroniczna z kodowaniem sygnału metodą Manchester II.

3. Dostęp do medium

FIP

Prawo dostępu do medium przekazuje arbiter kolejno stacjom sieci lub na żądanie danej stacji w określonych przedziałach czasu (Delegated Token Prinzip). Arbiter realizuje trzy podstawowe funkcje: periodyczny odczyt zmiennych, odczyt zmiennych na żądanie, transmisja na żądanie komunikatów i synchronizacji. Funkcje te wykonywane są kolejno w elementarnym cyklu odpytywania definiowanym podczas konfiguracji systemu. Podstawowym rodzajem transmisji jest "broadcast", czyli informacje kierowane są do wszystkich stacji, które mogą te informacje wykorzystać lub nie. Przesyłane dane mają oznaczony czas ważności.

Wszystkie zmienne występujące w systemie posiadają swoje identyfikatory, którymi są nazwy definiowane globalnie. Lista wszystkich zmiennych umieszczona jest w pamięci arbitra, a w stacjach sieci znajdują się lokalne listy zmiennych. W sieci przesyłane są identyfikatory zmiennych i wartości zmiennych wytworzone w stacjach.

P-NET

Dostęp do medium odbywa się na zasadzie przekazywania wirtualnego żetonu (Wirtual Token Passing) między stacjami sieci bez konieczności przesyłania komunikatów. Żeton przekazywany jest w sposób cykliczny. Master posiadający żeton może wysyłać żądanie, a zaadresowany slave natychmiast odpowiada. Pozostałe stacje odbierają żądanie, ale nie reagują. Żądania mogą być typu czytaj lub pisz. Analiza żądania rozpoczyna się w stacji slave już po otrzymaniu pierwszego bajtu danych, co zwiększa przepustowość sieci.

Stacje slave równocześnie wykonują przetwarzanie danych, odbiór i przesłanie ramki. Zmienne występujące w poszczególnych stacjach systemu posiadają identyfikatory umieszczone w liście Softwire. Lista ta jest generowana w trakcie konfiguracji podczas działania programu aplikacyjnego.

PROFIBUS

Dostęp do medium odbywa się metodą hybrydową. W przypadku komunikacji między stacjami master dostęp do medium odbywa się metodą przesyłania żetonu (Token Passing). Stacja posiada żeton przez ściśle określony czas, w którym ma prawo do transmisji. Następnie żeton jest przekazywany kolejnej stacji master. Obieg żetonu między wszystkimi stacjami master jest wykonywany w określonym czasie. Czas ten jest ustalany podczas konfiguracji systemu. W przypadku komunikacji między stacją master i stacjami typu slave dostęp do medium odbywa się metodą master-slave.

4. Protokół transmisji

FIP

W warstwie łącza danych protokół transmisji zapewnia komunikację typu multi-peer (global broadcasting). Stosowany jest model: producent-dystrybutor-konsument. Transmisja danych odbywa się w postaci telegramów złożonych z dwóch kolejnych ramek: ramki nazwy (identyfikacji) i ramki danych.

Ramka danych zawiera wartość przesyłanego obiektu, który jest zidentyfikowany przez ramkę nazwy. Ramka nazwy zawiera adres źródła określający stację wytwarzającą informację i rodzaj informacji. Maksymalna długość ramki wynosi 365 bitów (w tym 32 bajty danych).

Ramka może być różnej długości zależnie od zawartości pola informacji.

Wystąpienie błędu w ramce telegramu powoduje odrzucenie przesłanej informacji i konieczność powtórzenia transmisji. Ramka zawiera pole sumy kontrolnej oraz oznaczniki początku i końca ramki. Dostępne są następujące usługi transmisji danych:

SDN - przesyłanie danych bez potwierdzenia

RDR - żądanie danych i odpowiedź w trybie rozgłaszania

SDA - przesyłanie danych z potwierdzeniem

Transmisja jest cykliczna lub acykliczna.

W warstwie aplikacji stosowane są następujące grupy usług:

- usługi transmisji cyklicznej i acyklicznej:
  - wymiana danych lokalnie w stacji,
  - wymiana danych pomiędzy różnymi stacjami,
  - informowanie poprzez odbiór lub wysłanie komunikatu,
- podzbiór usług MMS protokołu MAP.

Czas ważności danych kontrolowany jest przez mechanizm określania statusu każdej zmiennej, związanego z czasem wytwarzania i przesyłania wartości zmiennej.

Usługi zarządzania siecią umożliwiają konfigurowanie, implementację i testowanie sieci. Dzielą się one na usługi zarządzania w warstwie łącza danych, w warstwie aplikacji i usługi zarządzania systemowego. W warstwie aplikacji realizowane są również usługi arbitra magistrali w zakresie przebiegu cyklu elementarnego oraz w zakresie globalnych zależności czasowych i ich zmian w ramach makrocyklu. Wykonywane są usługi pojedyncze i cykliczne.

P-NET

W warstwie łącza danych protokół transmisji zapewnia komunikację typu peer-to-peer i multi-peer. Dostępne są usługi odczytu i zapisu danych.

Transmisja danych odbywa się blokami. Blok może zawierać od 5 do 94 znaków. Długość znaku zależy od sposobu adresacji. Pole informacji w bloku może zawierać maksymalnie 56 znaków danych. Ramka bloku danych zawiera pole sumy kontrolnej. Wykrywany jest błąd adresu symbolicznego, jeżeli adres ten nie był wcześniej określony w fazie konfiguracji. Po wykryciu błędu stacja odbierająca ustawia bit w polu statusu bloku danych przesyłanego do stacji master.

W sieci P-NET wykorzystywana jest warstwa sieciowa modelu odniesienia ISO. Wynika to z możliwości łączenia wielu sieci w strukturę Multi-net. Stosowane są tabele (Softwirelist) zawierające informacje o zmiennych globalnych.

W warstwie aplikacji stosowana jest koncepcja kanałów logicznych, poprzez które można odczytywać lub zapisywać dane w stacjach sieci. Każdy kanał jest obiektem, który zawiera

zbiór zmiennych adresowanych logicznie za pomocą numerów. Każdy kanał zawiera rejestr z informacją o błędach.

PROFIBUS-FMS

W warstwie łącza danych protokół transmisji zapewnia komunikację typu peer-to-peer oraz multi-peer. Interfejs z warstwą aplikacji stanowią następujące usługi transmisji danych:

SDN - przesyłanie danych bez potwierdzenia

SDA - przesyłanie danych z potwierdzeniem

SRD - przesyłanie z żądaniem danych z odpowiedzią

CSRD - cykliczne przesyłanie z żądaniem danych z odpowiedzią

Transmisja danych odbywa się blokami w postaci tzw. telegramów o różnym formacie ramki. Ramka telegramu może zawierać stałą lub zmienną długość pola informacji. Maksymalna długość ramki telegramu wynosi 256 bajtów (w tym 246 bajtów danych).

Przed wykonaniem transmisji ramka telegramu jest przekształcana w znaki. Wystąpienie błędu w znaku lub w ramce telegramu powoduje odrzucenie przesłanej informacji i konieczność powtórzenia transmisji.

Ramka zawiera pole sumy kontrolnej oraz oznaczniki początku i końca ramki. Każdy znak zawiera bit parzystości oraz bity startu i stopu.

W warstwie aplikacji wyróżnia się usługi FMS (Fieldbus Message Specification) oraz interfejs warstwy niższej LLI (Lower Layer Interface).

LLI steruje przepływem danych, monitoruje połączenia komunikacyjne i odwzorowuje usługi FMS na warstwę łącza danych. LLI zapewnia organizację cyklicznego i acyklicznego przesyłania danych.

Specyfikacja FMS określa model komunikacji z zastosowaniem pojęć urządzenia wirtualnego VFD (Virtual Field Device) i obiektów komunikacji. Usługi FMS stanowią podzbiór funkcji MMS protokołu MAP. Usługi FMS można podzielić na następujące grupy:

- usługi zarządzania kontekstowego
- usługi zarządzania słownikiem obiektów
- usługi wsparcia VFD
- usługi dostępu do zmiennych
- usługi zarządzania wywołaniem programów
- usługi zarządzania zdarzeniami
- usługi zarządzania domeną

Usługi zarządzania siecią umożliwiają konfigurowanie i testowanie sieci. Główne grupy usług zarządzania siecią to: zarządzanie kontekstowe, błędami i konfiguracją.

Dla różnych dziedzin aplikacji określane są tzw. "profile" standardu sieci zawierające niezbędne podzbiory funkcji standardu w celu ułatwienia implementacji.

PROFIBUS-DP

W warstwie łącza danych protokół transmisji jest taki sam, jak dla PROFIBUS-FMS. Jedyną różnicą jest rozszerzenie możliwości usługi SRD pozwalającej w jednym cyklu wykonać odczyt i zapis, co zwiększa szybkość działania sieci.

Warstwa aplikacji nie jest wyróżniona. Dostępny jest natomiast interfejs użytkownika realizujący niezbędne funkcje warstwy aplikacji i odwzorowujący funkcje warstwy łącza danych za pomocą DDLM (Direct Data Link Mapper).

W standardzie PROFIBUS-DP rozbudowane zostały funkcje diagnostyki sieci i poszczególnych stacji. Rozróżnia się stacje master klasy 1 jako typowe stacje systemowe, stacje master klasy 2 jako stacje konfigurowania i programowania systemu oraz stacje slave. Usługi zarządzania siecią umożliwiają konfigurowanie i testowanie sieci.

PROFIBUS-PA

W warstwie łącza danych protokół transmisji zapewnia komunikację typu peer-to-peer i multi-peer. Interfejs z warstwą aplikacji stanowią usługi transmisji danych, takie jak w PROFIBUS-FMS oraz usługa SRDDDT - przesłanie i żądanie danych z odpowiedzią dla transmisji rozproszonej. Wykorzystywane są różne formaty ramki.

Ramka zawiera pole sumy kontrolnej. Ponieważ transmisja jest synchroniczna, nie są potrzebne oznaczniki początku i końca ramki. Ochronę przed utratą danych stanowi mechanizm zapamiętywania adresu źródła przesyłanych danych. Takie dane nie są dostępne dla innych stacji zanim nie zostaną odebrane w stacji docelowej.

W warstwie aplikacji wyróżnia się usługi FMS i zarządzania siecią, takie same jak w PROFIBUS-FMS. Dodatkowo wykorzystywana jest rozproszona baza danych i funkcje sterowania czasem w sieci przejęte ze standardu ISP.

Dostępna jest również tzw. warstwa użytkownika, która składa się z opisu języka urządzeń DDL (Device Description Language) i bloków funkcyjnych. Zadaniem warstwy użytkownika jest ustalanie funkcji komunikacji dla różnych rodzajów urządzeń oraz określanie modelu komunikacji, tj. model Client/Server lub model Publisher/Subscriber. Dla różnych grup urządzeń określane są tzw. "profile" standardu sieci zawierające niezbędne podzbiory funkcji standardu w celu ułatwienia implementacji.

5. Przepustowość sieci

Trudno jest jednoznacznie ocenić szybkość przesyłania danych, gdyż różna jest organizacja protokołu transmisyjnego poszczególnych sieci. Szybkość przesyłania danych zależy też silnie

od konfiguracji sieci. Dostępne są jedynie wyniki przykładowych implementacji sieci.

FIP

Maksymalny czas reakcji jest ustalony dla każdej zmiennej w fazie konfiguracji systemu i odpowiada czasowi przesyłania (cyklu). Czas ten można ustalić jako wielokrotność 5 ms. Oprócz tego można obliczyć czas elementarnego cyklu (żądanie/odpowiedź). Na przykład dla 1 bajtu danych przy szybkości transmisji 1 Mbit/s czas elementarnego cyklu wynosi 170 μs.

P-NET

Dla systemu z jedną stacją master i dowolną liczbą stacji slave i przy nominalnej szybkości transmisji, czas przesyłania 4 bajtów danych wynosi 2,8 ms. Dla systemu Multi-master należy doliczyć czas przekazywania żetonu.

PROFIBUS-FMS

Dla określonej konfiguracji systemu z jedną stacją typu master i przy ustalonej szybkości transmisji 500 kbit/s czas przesyłania 2 bajtów danych ze stacji slave wynosił 1,9 ms.

Dla systemu Multi-master należy doliczyć czas przekazywania żetonu i wywołania stacji slave.

Czas przesyłania danych jest silnie zależny od konfiguracji systemu i obciążenia sieci. Według normy, w systemie zawierającym 5 stacji typu master, czas przekazywania żetonu wynosi 5 ms. Czas cyklu sieci może wynosić ok. 100 ms.

PROFIBUS-DP

Dla systemu z jedną stacją master i różną liczbą stacji slave i przy ustalonych szybkościach transmisji 1,5 Mbit/s i 12 Mbit/s, czas przesyłania 2 bajtów danych do stacji i ze stacji slave podany został w tabeli 1.

Tabela 1

Czasy przesłania 2 bajtów danych (odczyt i zapis) w sieci PROFIBUS-DP

Szybkość transmisji	Liczba stacji slave				
	1	5	10	20	30
1,5 Mbit/s	2 ms	2 ms	2 ms	4 ms	6 ms
12 Mbit/s	poniżej 1 ms				

PROFIBUS-PA

Powstają dopiero pierwsze implementacje sieci, w związku z tym brak informacji o rzeczywistej szybkości przesyłania danych.

6. Możliwości implementacji

FIP

Implementację sieci FIP ułatwiają specjalne układy scalone i pakiet oprogramowania narzędziowego. Dostępne są następujące układy scalone:

FULLFIP - procesor komunikacyjny zawierający protokół warstwy DLL oraz warstwy aplikacyjnej włącznie z funkcjami arbitra sieci.

FIPART - interfejs sieci zapewniający wysyłanie i odbiór ramek zgodnie z protokołem Pakiet oprogramowania narzędziowego FIP-Toolbox obejmuje trzy programy narzędziowe: Network Configurator, Application-level Network Observer, Application Interface Library.

P-NET

Implementacja sieci P-NET nie wymaga specjalnych układów scalonych, gdyż program komunikacyjny jest krótki. Można zastosować dowolny standardowy mikroprocesor zawierający układ asynchronicznego interfejsu UART.

Dostępne jest oprogramowanie narzędziowe VIGO obejmujące funkcje zarządzania siecią, bezpieczeństwa danych i interfejsu użytkownika. Inne programy narzędziowe umożliwiają konfigurowanie, uruchamianie i monitorowanie sieci.

PROFIBUS

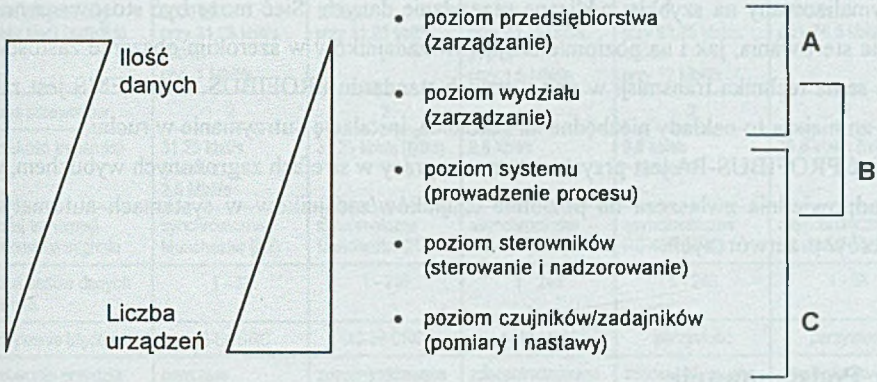
Implementację poszczególnych wersji sieci PROFIBUS ułatwiają specjalne układy scalone ASIC i zbudowane na bazie tych układów uniwersalne moduły interfejsowe sieci.

Układy scalone SPM2 i LSPM2 zawierają interfejs sieci wraz z protokołem PROFIBUS-DP w zakresie stacji typu prosty slave. Układy scalone SPC3 i SPC4 zawierają interfejs sieci oraz SPC3 zawiera protokół PROFIBUS-DP, a układ SPC4 zawiera protokoły PROFIBUS-FMS, -DP, PA w zakresie stacji typu inteligentny slave. Układ scalony ASPC2 zawiera interfejs sieci i protokoły PROFIBUS-FMS, -DP, -PA w zakresie stacji typu master. Implementacja wersji PA wymaga zastosowania dodatkowego układu scalonego SIM1.

Do szybkości transmisji 1,5 Mbit/s implementacja protokołu PROFIBUS może być wykonana na dowolnym mikroprocesorze. Dostępne jest oprogramowanie narzędziowe dla konfiguracji i uruchamiania sieci. Szereg firm oferuje uniwersalne moduły interfejsu sieci PROFIBUS z odpowiednim oprogramowaniem narzędziowym i aplikacyjnym.

7. Zastosowanie

Sieci przemysłowe typu fieldbus mogą być umiejscowione na różnych poziomach w hierarchicznej strukturze systemów automatyzacji w zależności od liczby urządzeń i ilości przesyłanych danych (rys. 1). Sieci te obejmują poziom czujników/zadajników, sterowania i częściowo poziom systemu.



A) komputerowa sieć zakładowa
B) lokalna sieć przemysłowa
C) miejscowa sieć przemysłowa (fieldbus network)

Rys. 1. Hierarchiczna struktura systemów automatyzacji
Fig. 1. The hierarchical structure of the automation systems

Sieci przemysłowe czujników/zadajników służą do przesyłania krótkich bloków danych z dużą szybkością. Zwykle stacja master steruje szybkim cyklicznym przesyłaniem danych, dlatego stacje slave nie wymagają dużej inteligencji. Komunikacja dostosowana jest do konkretnego zastosowania.

Sieci przemysłowe na poziomie sterowania realizują komunikację za pomocą średnich i dużych bloków danych (20 do 256 bajtów). Stacje posiadają inteligencję zapewniającą komunikację zorientowaną na usługi.

Sieć FIP jest odpowiednia zarówno na poziomie sterowania, jak i czujników/zadajników w szerokim obszarze zastosowań. Synchroniczna metoda transmisji umożliwia dużą szybkość przesyłania danych. Niezawodność i dostępność sieci zależy głównie od stacji centralnej (arbitra). Sieć FIP może być również stosowana w strefach zagrożonych wybuchem.

Sieć P-NET jest odpowiednia na poziomie sterowania. Zakres zastosowania może być szeroki ze względu na elastyczność tworzenia sieci. Sieć ta nie jest jednak właściwa dla systemów o dużych wymaganiach czasowych. Na poziomie czujników/zadajników może być stosowana,

jeżeli nie ma zbyt dużych wymagań co do szybkości działania. Sieć P-NET może być również stosowana w strefach zagrożonych wybuchem.

Sieć PROFIBUS-FMS jest odpowiednia na poziomie sterowania w szerokim obszarze zastosowań poprzez sprawne przesyłanie większych bloków danych i parametrów. Sieć ta jest również wykorzystywana łącznie z innymi sieciami przemysłowymi poziomu czujników/zadajników spełniającymi wysokie wymagania czasowe.

Sieć PROFIBUS-DP stanowi uzupełnienie standardu PFORFIBUS-FMS. Protokół jest zoptymalizowany na szybkie cykliczne przesyłanie danych. Sieć może być stosowana na poziomie sterowania, jak i na poziomie czujników/zadajników w szerokim obszarze zastosowań. Taka sama technika transmisji w obu wersjach standardu PROFIBUS -DP i -FMS jest zaletą, gdyż zmniejsza to nakłady niezbędne na szkolenia, instalację i utrzymanie w ruchu.

Sieć PROFIBUS-PA jest przystosowana do pracy w strefach zagrożonych wybuchem, więc jest odpowiednia zwłaszcza na poziomie czujników/zadajników w systemach automatyzacji procesów przetwórczych.

8. Podsumowanie

Podstawowe cechy zaprezentowanych standardów sieci przemysłowych typu fieldbus zawiera tabela 2. Sieci te mogą znaleźć zastosowanie w szerokim zakresie automatyzacji obiektów przemysłowych. Wybór konkretnego rodzaju sieci przemysłowej jest silnie uzależniony od wielkości, struktury i sposobu działania obiektu przemysłowego. Dokonanie wyboru sieci dla określonego zastosowania powinna poprzedzać dokładna analiza podstawowych cech oferowanych sieci. Należy również uwzględnić elastyczność i możliwości rozwoju systemu automatyzacji opartego na sieci przemysłowej.

Tabela 2

Podstawowe cechy standardowych sieci przemysłowych typu fieldbus

Cecha	FIP	Profibus-PA	Profibus-FMS	Profibus-DP	P-NET
Topologia	linia	linia	linia, drzewo	linia, drzewo	pierścień
Maks. liczba stacji master	1	1-32	1-32	1-32	1-32
Maks. liczba stacji (w sieci /w segmencie)	256/32	-/32	124/32	124/32	32 000/125
Maks. długość segmentu sieci (skrętka)	2000 m przy 31,25 kbit/s, 500 m przy 1 Mbit/s	1900 m przy 31,25 kbit/s	1200 m przy 93,75 kbit/s, 200 m przy 1,5 Mbit/s	1200 m przy 93.75 kbit/s, 100 m przy 12 Mbit/s	1200 m przy 76,8 kbit/s
Liczba przewodów	2	2	2	2	2
Szybkość transmisji	31,25 kbit/s, 1 Mbit/s, 2,5 Mbit/s	31,25 kbit/s (tylko)	9,6 kbit/s + 1,5 Mbit/s	9,6 kbit/s +12 Mbit/s	76,8 kbit/s (tylko)
Rodzaj transmisji i kodowanie sygnału	synchroniczna Manchester (RZ)	synchroniczna Manchester (RZ)	asynchroniczna RS-485 (NRZ)	asynchroniczna RS-485 (NRZ)	asynchroniczna RS-485 (NRZ)
Liczba bajtów danych w ramce	1 - 32	1 - 246	1 - 246	1 - 246	1 - 56
Wykrywanie błędów	16-bit CRC	16-bit CRC	parzystość	parzystość	parzystość
Sterowanie przydziałem magistrali	centralne	zdecentralizowane	zdecentralizowane	zdecentralizowane	zdecentralizowane
Metoda dostępu do magistrali	deterministyczna, Delegated Token z arbitrem (Master), Consumer-Producer	deterministyczna, Token-Passing, Master-Slave, Polling, Publisher-Subscriber	deterministyczna, Token-Passing, Master-Slave, Polling	deterministyczna, Token-Passing, Master-Slave, Polling	deterministyczna, wirtual Token-Passing Master-Slave
Kontakt z użytkownikiem	przesyłanie zawartości buforu (usługi MPS)	obiekty i parametry	usługi FMS	interfejs użytkownika DDLM	rozkazy
Implementacja warstwy 2 protokołu	chip	chip	chip oprogramowanie	chip	oprogramowanie
Iskrobezpieczeństwo	tak	tak	nie	nie	tak (IS 16)
Norma	UTE C 4660	IEC 1158-2 DIN E 19 245 cz.4	DIN 19 245 cz. 1 i 2	DIN E 19 245 cz. 3	DSF 21906
Główne obszary zastosowań	urządzenia przemysłowe, produkcja wyrobów, procesy przetwórcze	procesy przetwórcze	produkcja wyrobów (poziom sterowania)	urządzenia przemysłowe, produkcja wyrobów (poziom czujników/zadajników)	procesy przetwórcze, sterowanie w budynkach

Oznaczenia:

CRC - Cyclic Redundancy Check
DDLM - Direct Data Link Mapper
DIN - Deutsches Institut fuer Normung
EN - European Norm
FMS - Fieldbus Message Spezification
IEC - International Elektrotechnical Commission
IS - International Standard
MPS - Manufacturing Periodical Services
NRZ - Non Return to Zero
RZ - Return to Zero
UTE - Union Technique de l^Electricite

LITERATURA

[1] Boroń W., Wyłupek J.: PROFIBUS - standard otwartych sieci przemysłowych. Pomiary, Automatyka, Kontrola 1996, nr 11, s. 313-317.

[2] Busse R.: Feldbussysteme im Vergleich. Pflaum Verlag, München 1996.

[3] Europäische Feldbusnorm EN50170 ratifiziert. Automatisierunstechnische Praxis 1996, z.6, s.64.

[4] FIP Technical Description. Club FIP. Nancy-France.

[5] P-NET Multi-net Fieldbus, International P-NET User Organization.

[6] The P-NET Fieldbus for Process Automation. International P-NET User Organization, 1995.

[7] Thomesse J.P., Lorenz P. i inni: Factury Instrumentation Protocol: Model, Products and Tools. Control Engineering, 1991, nr 9, s.65-67.

[8] Volz M.: PROFIBUS, PROFIBUS User Organization, Karlsruhe 1995.

Recenzent: Dr inż. Wojciech Mielczarek

Wpłynęło do Redakcji 17 lutego 1997 r.

Abstract

The properties of the industrial fieldbus network standards included in European Standard EN 50170 are presented. There are following standards: WordFIP, P-NET and PROFIBUS (FMS and DP). Additionally, the standard PROFIBUS-PA is characterized. It is the PROFIBUS version for intrinsically safe transmission. This standard will be also included into European Standard.

For each fieldbus network standard the following aspects are successively considered: topology and physical layer, medium access, transmission protocol, implementation possibilities and the areas of applications.