



# PROFIBUS

Technologie i aplikacje

*Opis systemu*



*Otwarty standard dla automatyki przemysłowej*



## PROFIBUS PNO

Szanowni Państwo,

PROFIBUS PNO jest międzynarodową organizacją, która zajmuje się rozwojem i standaryzacją sieci przemysłowych w automatyce. Pomagamy użytkownikom i producentom urządzeń pracujących w sieci PROFIBUS wykorzystać najnowsze i najlepsze rozwiązania i technologie. Naszym członkom zapewniamy stały dostęp do wiedzy i informacji technicznych.

Nasza organizacja powstała aby realizować i chronić otwarty standard komunikacji i sterowania.

## Wstęp

Automatyka ciągle podlega zmianom i innowacjom. Nie tak dawno zmiany te odnosiły się tylko do obszaru samej produkcji w zakładzie. Zastosowanie technologii sieciowych wprowadziło rewolucyjne zmiany polegające na zmianie systemu centralnego na system rozproszony. Obecnie sieć PROFIBUS obchodzi 10-cio lecie powstania.

W ciągu tych dziesięciu lat sieć PROFIBUS stała się liderem w technologii systemów rozproszonych. Pomimo tak znaczącego sukcesu sieć PROFIBUS ciągle jest rozwijana i unowocześniana. Początkowo skupiono się tylko na technice komunikacji. Obecnie jed-

nak duży nacisk kładzie się na pełną integrację systemu oraz w szczególności na rozwój profili aplikacyjnych. Profile te sprawiły, że sieć PROFIBUS połączyła automatykę przemysłową i procesową.

Dodatkowo technologia IT (Information Technology) kreuje rozwój nowoczesnej automatyki. Obecnie inteligentne systemy sieciowe muszą zaadoptować technologie IT co pozwala na większą integrację z systemami zarządzania zakładem. Ten kierunek rozwoju spowodował, że automatyka przemysłowa wkroczyła w świat sieci biurowej, powodując głębokie zmiany i nowe trendy w systemach obsługi i zarzą-

dzania automatyki. Dodatkowo stworzono nowe możliwości w zakresie komunikacji pomiędzy systemami automatyki. W oparciu o dotychczasowe doświadczenia sieć PROFIBUS została rozszerzona i zaadoptowana do świata komunikacji Ethernet tworząc standard PROFINet.

Zastosowanie otwartych standardów zapewnia pewną i długotrwałą kompatybilność oraz zabezpieczenie istniejących inwestycji. Jest to nadrzędnym celem Organizacji Użytkowników Sieci PROFIBUS – PNO, a ciągły rozwój technologii PROFIBUS zapewni naszym członkom długotrwałą perspektywę rozwoju.

## Spis treści

Wstęp	1	4.3	Znacznik czasowy - Time Stamp	20
Spis treści	2	4.4	Redundancja stacji Slave	20
Informacje ogólne	2	5.	Specyficzne profile aplikacyjne	21
1. Komunikacja w automatyce	3	5.1	PROFIdrive	21
1.1 Komunikacja przemysłowa	3	5.2	Stacje PA	22
1.2 Ogólne informacje o sieciach polowych	4	5.3	Profil Fluid Power	24
1.3 Międzynarodowa standaryzacja	4	5.4	Urządzenia SEMI	24
2. PROFIBUS informacje ogólne	6	5.5	System identyfikacji - Ident	24
2.1 Historia	6	5.6	Zdalne wejścia/wyjścia w modułach PA	24
2.2 Pozycja na rynku	6	6.	Profile systemowe	25
2.3 Organizacja	6	7.	Device Management	27
2.4 PROFIBUS "Tool Box"	7	7.1	GSD 27	
2.4.1 Technologie transmisyjne	7	7.2	EDD 28	
2.4.2 Protokoły komunikacyjne	8	7.3	Koncepcja FDT/DTM	29
2.4.3 Profile	8	8.	Kontrola jakości	30
2.5 PROFIBUS - Klucz do sukcesu	8	8.1	Procedura testu	30
3. PROFIBUS Transmisja i komunikacja	9	8.2	Certyfikat zgodności	30
3.1 Technologia transmisji	9	9.	Implementacja układów	31
3.1.1 Technologia transmisji RS485	9	9.1	Standardowe komponenty	31
3.1.2 Transmisja w technice MBP	10	9.2	Implementacja interfejsów	32
Zasady tworzenia instalacji w technologii MBP	11	10.	PROFINet	33
3.1.3 Technologia transmisji poprzez światłowód	11	10.1	Model inżynierski PROFINet	33
Model FISCO	12	10.2	PROFINet Model komunikacyjny	33
3.2 Protokół komunikacyjny DP	12	10.3	PROFINet Model Migracji	34
3.2.1 Funkcje podstawowe DP-V0 13	13	10.4	XML	34
3.2.2 Wersja DP-V1	16	10.5	OPC oraz OPC DX	34
3.2.3 Wersja DP-V2	16	PROFIBUS International		35
3.2.4 Adresacja poprzez Slot	17	PROFIBUS		37
i Indeks	17			
4. Ogólne Profile aplikacyjne	19			
4.1 PROFIsafe	19			
4.2 HART w sieci PROFIBUS DP	19			

## Informacje ogólne

Niniejszy dokument opisuje podstawowe zagadnienia związane z siecią PROFIBUS oraz przedstawia najnowocześniejsze technologie, które dostępne są w systemie PROFIBUS. Broszura ta dedykowana jest nie tylko dla użytkowników sieci, którzy pragną zasięgnąć podstawowych informacji na temat sieci, ale również zachęcamy ekspertów do pogłębienia swojej wiedzy i skorzystania z dodatkowej fachowej literatury, która w większości dostępna jest w internecie na stronach organizacji PNO w postaci elektronicznej.

**Rozdziały 1 i 2** zawierają podstawowe informacje odnośnie technologii systemu sieci PROFIBUS oraz jej wykorzystanie i zastosowanie.

**Rozdziały 3 do 6** opisują podstawowe aspekty sieci PROFIBUS oraz wskazują na powody i cele zastosowania poszczególnych rozwiązań.

Rozdziały te przedstawiają modułową strukturę sieci PROFIBUS, począwszy od technologii komunikacji do dostępnych profili aplikacyjnych.

**Rozdziały 7 do 9** opisują pewne zagadnienia bardziej praktycznie. Skupiają się na obsłudze urządzeń, aplikacjach i certyfikacji.

**Rozdział 10** opisuje teorię nowego standardu PROFINet.

**Rozdział 11** opisuje pracę i strukturę Organizacji Użytkowników Sieci PROFIBUS PNO.

## 1. Komunikacja w automatyce

Możliwość komunikacji urządzeń i systemów oraz spójna technologia przekazywania informacji stanowi podstawę koncepcji komunikacji systemów automatyki. Komunikacja łączy stacje w płaszczyźnie poziomej, jak i pionowej zapewniając dostęp do najniższej komórki obiektu. Hierarchiczny i zorientowany obiektowo system komunikacji, taki jak standard PROFIBUS z możliwością przejścia do innych poziomów np. sieć AS-Interface lub Ethernet (poprzez PROFINet) (patrz Rys.1), stwarza idealne możliwości do tworzenia sieci we wszystkich obszarach produkcji.

### 1.1 Komunikacja przemysłowa

**Na najniższym poziomie obiektu AS-I** sygnały z binarnych czujników i elementów wykonawczych transmitowane są poprzez sieć sygnałową. Daje to prostą i stosunkowo tanią technologię przesyłania danych i zasilania tym samym kablem. AS-Interface stanowi idealne rozwiązanie dla tego typu aplikacji i wymagań.

**Na poziomie polowym** rozproszone stacje takie jak moduły I/O, przetworniki, napędy, zawory i panele operatorskie komunikują się z systemem automatyki poprzez wydajny system komunikacji PROFIBUS. Transmisja danych procesowych odbywa się cyklicznie, podczas gdy dodatkowe przerwania, dane konfiguracyjne i diagnostycz-

ne przesyłane są acyklicznie na żądanie. PROFIBUS w pełni spełnia te wymagania i daje uniwersalne możliwości komunikacji w automatyce.

**Na poziomie sterowania** sterowniki programowalne takie jak PLC i IPC komunikują się z innymi systemami IT i siecią biurową poprzez Ethernet, TCP/IP, Intranet oraz Internet. Tego typu informacje wymagają dużych pakietów danych i wydajnej komunikacji.

Podobnie jak PROFIBUS, oparty na bazie sieci Ethernet - standard PROFINet, spełnia stawiane tutaj wymagania.

Poniżej opisano szczegółowo sieć PROFIBUS jako centralny link stanowiący przepływ informacji w automatyce. Informacje odnośnie sieci AS-Interface można znaleźć w dodatkowej literaturze technicznej. Natomiast standard PROFINet opisano w rozdziale 10.

**Sieci polowe** pozwalają na komunikację przemysłową z wykorzystaniem różnych mediów transmisji, takich jak kabel miedziany, światłowód lub komunikacja bezprzewodowa do połączenia różnych urządzeń polowych (czujniki, elementy wykonawcze, napędy, przetworniki, itp.) z jednostką centralną lub systemem nadrzędnym. Technologia sieci polowych została rozwinięta w latach 80-dziesiątych, a jej celem było zastąpienie powszechnie stosowanej techniki centralnej okablowania. Z powodu różnych wymagań i preferencji rozwiązań poszczególnych producentów, opracowano liczne systemy sieciowe na rynku. Większość oparto na standardzie IEC 61158 oraz IEC 61784. PROFIBUS jest

integralną częścią tych standardów.

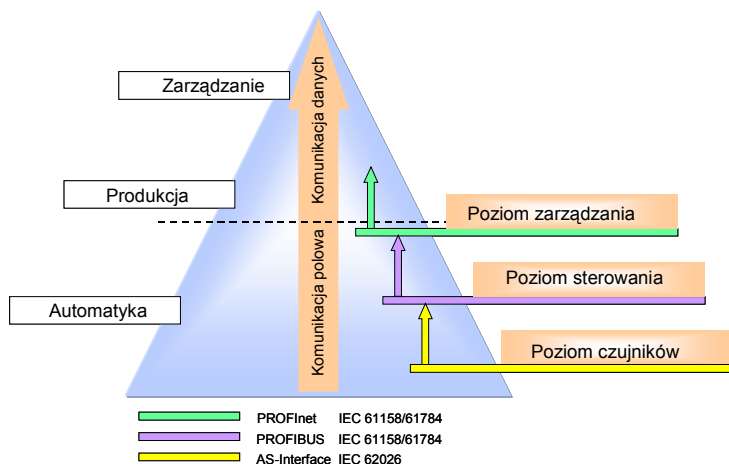
Ostatnio zaczął rozwijać się systemy komunikacyjne oparte na sieci Ethernet. Stwarza to duże możliwości komunikacyjne pomiędzy różnymi poziomami automatyki i siecią biurową. PROFINet stanowi przykład tego typu sieci opartej na systemie Ethernet.

Konieczność koordynowania, rozwoju i dystrybucji systemów sieciowych na rynku zaowocowało powstaniem Organizacji Użytkowników Sieci takich jak PROFIBUS User Organization PNO i równoległe PI dla sieci PROFIBUS i PROFINet.

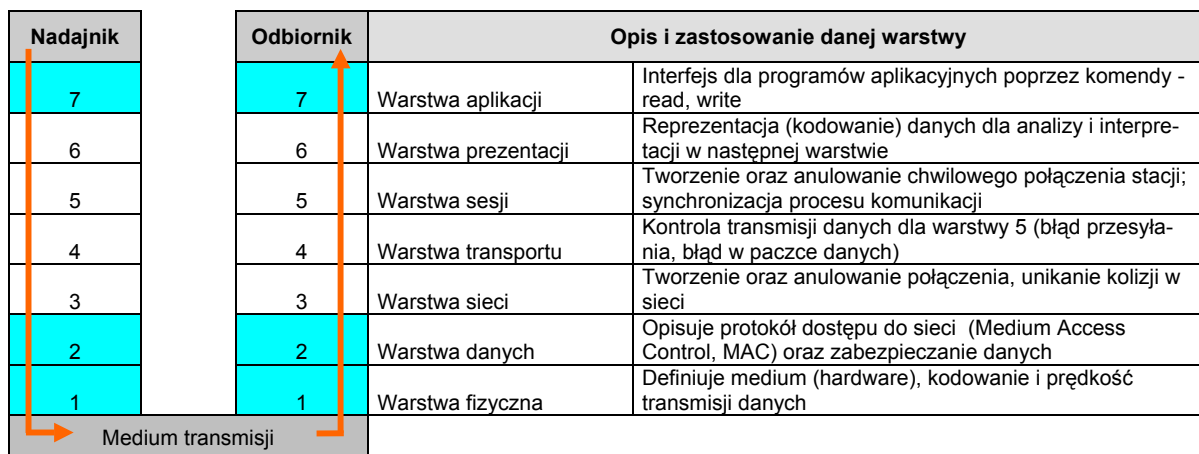
**Zalety użytkowe** sieci dają motywację i bezpieczeństwo dalszego rozwoju technologii sieci polowych. Dodatkowo zapewniły poważną redukcję całkowitych kosztów, jak również wzrost wydajności i jakości systemów automatyki. Wyraźne zalety są widoczne przy łatwej konfiguracji, okablowaniu, inżynieringu i uruchomieniu sieci, jak i później w trakcie normalnej pracy. Główną jednak zaletą jest redukcja kosztów eksploatacyjnych sieci. Mamy również do dyspozycji bogatą diagnostykę i ważne informacje dla służb utrzymania ruchu i serwisu.

Sieci polowe znacznie zwiększyły elastyczność i wydajność instalacji, w porównaniu z tradycyjnymi technologiami.

Obecnie sieć PROFIBUS wykorzystywana jest praktycznie w większości obiektów przemysłowych zarówno w automatyce procesowej, jak i liniach produkcyjnych.



Rys. 1: Komunikacja w automatyce



Rys. 2: Model referencyjny OSI

## 1.2 Ogólne informacje o sieciach polowych

**Model referencyjny ISO/OSI** opisuje komunikację pomiędzy stacjami w systemie sieciowym oraz definiuje zasady transmisji i interfejs wykorzystywany w danym protokole. W 1983, Międzynarodowa Organizacja dla celów Standardyzacji (ISO) ustanowił model referencyjny OSI ("Open Systems Interconnection Reference Model"), który definiuje elementy, strukturę i zadania związane z komunikacją. Model został podzielony na siedem warstw (Rys. 2). Każda z warstw spełnia specjalne funkcje w procesie komunikacyjnym. Jeżeli jednak system komunikacyjny nie wymaga którejs z funkcji, wtedy odpowiednia warstwa nie jest wykorzystywana i jest pomijana. PROFIBUS wykorzystuje warstwy 1, 2 oraz 7.

**Protokoły komunikacyjne** definiują sposób w jaki dwie lub więcej stacji wymieniają dane wykorzystując odpowiednie ramki komunikacyjne. Ramka danych zawiera różne pola związane z informacjami sterującymi meldunkami. Pole danych bieżących poprzedzone jest *nagłówkiem* (adres stacji źródłowej i docelowej oraz szczegóły związane z danym meldunkiem) oraz zakończone *stopką* w celu zabezpieczenia danych, z uwzględnieniem korekcji transmisji i wykrywaniem błędów.

Cechą sieci polowych jest optymalna transmisja małej ilości danych, krytycznych czasowo oraz maksymalne uproszczenie procesu transmisji.

### Kontrola dostępu do sieci

**(MAC, Medium Access Control)** jest specjalną procedurą, która określa w jakim momencie stacja może wysłać dane. Przy czym stacje *aktywne* mogą same rozpocząć wymianę danych, a stacje *pasywne* mogą tylko rozpocząć komunikację jeżeli dostaną zapytanie od stacji aktywnej.

Ponadto rozróżnia się procedury dostępu *deterministyczne* z pracą w trybie rzeczywistym - real-time (master-slave w sieci PROFIBUS) oraz losowe, *nie-deterministyczne* (CSMA/CD w sieci Ethernet).

**Adresacja** wymagana jest do jednoznacznej identyfikacji danej stacji. Nadawanie adresu odbywa się poprzez odpowiedni przełącznik adresowy (adresacja sztywna) lub przez odpowiedni parametr programowy (adresacja programowa).

**Usługi komunikacyjne** określają zadania komunikacyjne danej stacji związane z cykliczną oraz acykliczną wymianą danych. Ilość oraz typ usług komunikacyjnych jest określony przez obszar aplikacyjny danego protokołu. Rozróżnia się usługi *zorientowane na sztywne połączenie* (*Connection-oriented* – związane z procedurą potwierdzania i monitoringu) oraz usługi *bez sztywnego połączenia* (*Con-*

*tionless*). Druga grupa zawiera w sobie komunikaty typu multicast oraz broadcast, które przesyłane są do określonej grupy lub do wszystkich stacji.

**Profile** wykorzystywane są w komunikacji do definiowania właściwości i sposobu działania stacji, rodziny urządzeń lub całego systemu. Tylko urządzenia i systemy wykorzystujące profile niezależne od producenta, zapewniają wzajemną kompatybilność w sieci.

*Profile aplikacyjne* odnoszą się przede wszystkim do urządzeń (stacji polowych, regulatorów) i zapewniają zgodność wybranej komunikacji sieciowej z daną aplikacją urządzenia. Ten typ profilu służy producentowi do rozwoju urządzenia zgodnego z danym profilem. *Profile systemowe* opisują klasy systemu (funkcjonalność, interfejs oraz narzędzia integrujące).

## 1.3 Międzynarodowa

Dokument IEC 61158	Zawartość	Warstwa OSI
IEC 61158-1	Wstęp	
IEC 61158-2	Warstwa fizyczna – specyfikacja i definicja usług	1
IEC 61158-3	Definicja usług Data-link	2
IEC 61158-4	Specyfikacja protokołu wymiany danych	2
IEC 61158-5	Warstwa aplikacji – definicja usług	7
IEC 61158-6	Warstwa usług – specyfikacja protokołu	7

Tabela 1: Norma IEC 61158 - podział



Profil	Data link	Warstwa fizyczna	Zastosowanie
Profil 3/1	Część IEC 61158; Transmisja <u>asynchroniczna</u>	RS485 Światłowod plastikowy, szklany PCF	PROFIBUS
Profil 3/2	Część IEC 61158 ; Transmisja <u>synchroniczna</u>	MBP	PROFIBUS
Profil 3/3	ISO/IEC8802-3 TCP/UDP/IP/Ethernet	ISO/IEC 8802-3	PROFINet

Tabela 2: Właściwości profili komunikacyjnych grupy CPF 3 (PROFIBUS)

## standaryzacja

**Międzynarodowa standaryzacja** systemów sieciowych wymagana jest przede wszystkim ze względu na powszechną akceptację, zgodność i ogólne korzyści. PROFIBUS otrzymał standaryzację w 1991/1993 w Niemczech jako DIN 19245, część 1-3 oraz standaryzację europejską w 1996 jako EN 50170.

Wraz z innymi systemami sieciowymi PROFIBUS otrzymał standaryzację jako IEC 61158 w 1999. W 2002 nastąpiło uzupełnienie normy IEC 61158. Spowodowało ono uznanie ostatniej wersji PROFIBUS oraz PROFINet'u.

**Normę IEC 61158** zatytułowano „Cyfrowa komunikacja danych w sieciach polowych, pomiarowych i sterujących, do zastosowania w przemysłowych systemach sterujących” (“Digital Data Communication for Measurement and Control – Fieldbus for Use in Industrial Control Systems”) i podzielono ją na 6

części oznaczonych jako 61158-1, 61158-2 itd. Część 1 zawiera ogólny wstęp, podczas gdy poszczególne części ukierunkowane są na warstwy w modelu referencyjnym OSI (warstwa 1, 2 oraz 7); patrz tabela 1.

Różne części normy IEC 61158 definiują między innymi liczne usługi sieciowe i protokoły do komunikacji pomiędzy stacjami i w całości uważane są jako pełny zbiór, przy czym kolejne części określają poszczególne systemy sieciowe.

O różnorodności systemów sieciowych na rynku świadczy fakt, że w normie IEC 61158 zdefiniowano 10 "typów protokołów sieciowych" oznaczonych kolejno jako Typ 1 do Typ 10.

PROFIBUS stanowi Typ 3, natomiast PROFINet Typ 10.

Norma IEC 61158 stwierdza, że komunikacja sieciowa (z definicji) możliwa jest tylko pomiędzy sta-

cjami posługujących się tym samym typem protokołu.

**Norma IEC 61784** została zatytułowana jako „Zbiór profili dla systemów ciągłych i dyskretnych bazujących na sieciach polowych wykorzystywanych w przemysłowych systemach sterowania” (“Profile Sets for Continuous and Discrete Manufacturing Relative to Fieldbus Use in Industrial Control Systems”). Połączenie z normą IEC 61158 ustanowiono przez następujący wpis: "Ten międzynarodowy standard (np. IEC 61784) określa zbiór profili danego protokołu komunikacyjnego opartego na bazie normy IEC 61158, do zastosowania przy realizacji urządzenia do komunikacji w układach sterowania i obsługi zakładów”.

Norma IEC 61784 określa, które zbiory ze wszystkich dostępnych zestawów „usług” oraz „protokołów” określonych w normie IEC 61158 (i innych standardach) wykorzystywane są przez dany system sieciowy do komunikacji. Zorientowane sieciowo „profile komunikacyjne” określone w ten sposób zebrano w „Grupie Profili Komunikacyjnych” - “Communication Profile Families (CPF)” wg ich zastosowania w poszczególnych systemach sieciowych.

Zestawy profili, które zaimplementowano w sieci **PROFIBUS** zebrano w opisie oznaczonym jako "Family 3" (grupa 3) z podziałem 3/1, 3/2 oraz 3/3. Tabela 2 zawiera ich przyporządkowanie do PROFIBUS oraz PROFINet.

## 2. PROFIBUS informacje ogólne

Sieć **PROFIBUS** jest otwartą i standardową technologią komunikacyjną, która stwarza liczne możliwości aplikacyjne w automatyce przemysłowej i procesowej. PROFIBUS przewidziano dla aplikacji krytycznych czasowo oraz do kompleksowych zadań komunikacyjnych.

Komunikacja PROFIBUS oparta jest na międzynarodowym standardzie IEC 61158 oraz IEC 61784. Problemy aplikacji i oprogramowania zawarto w opisach technicznych, które udostępnia Organizacja PNO Profibus. Standaryzacja spełnia oczekiwania użytkowników, ich niezależność i otwartość, jak również zapewnia komunikację pomiędzy poszczególnymi stacjami i urządzeniami różnych producentów.

### 2.1 Historia

Historia sieci PROFIBUS rozpoczyna się przez złożenie projektu utworzenia organizacji w roku 1987 w Niemczech. Podwaliny organizacji tworzyło 21 przedsiębiorstw i instytucji skupionych w celu utworzenia i wspierania strategii projektu sieci polowej. Cel jaki sobie stawiano, to utworzenie sieci cyfrowej, która byłaby standardem

dla rozproszenia stacji polowych.

Pierwszym krokiem była specyfikacja protokołu komunikacyjnego PROFIBUS FMS (Fieldbus Message Specification). Kolejnym w 1993 było opracowanie protokołu PROFIBUS DP (Decentralized Periphery), który w założeniach miał być prostszy i szybszy. Obecnie protokół ten dostępny jest w trzech wersjach DP-V0, DP-V1 i DP-V2.

### 2.2 Pozycja na rynku

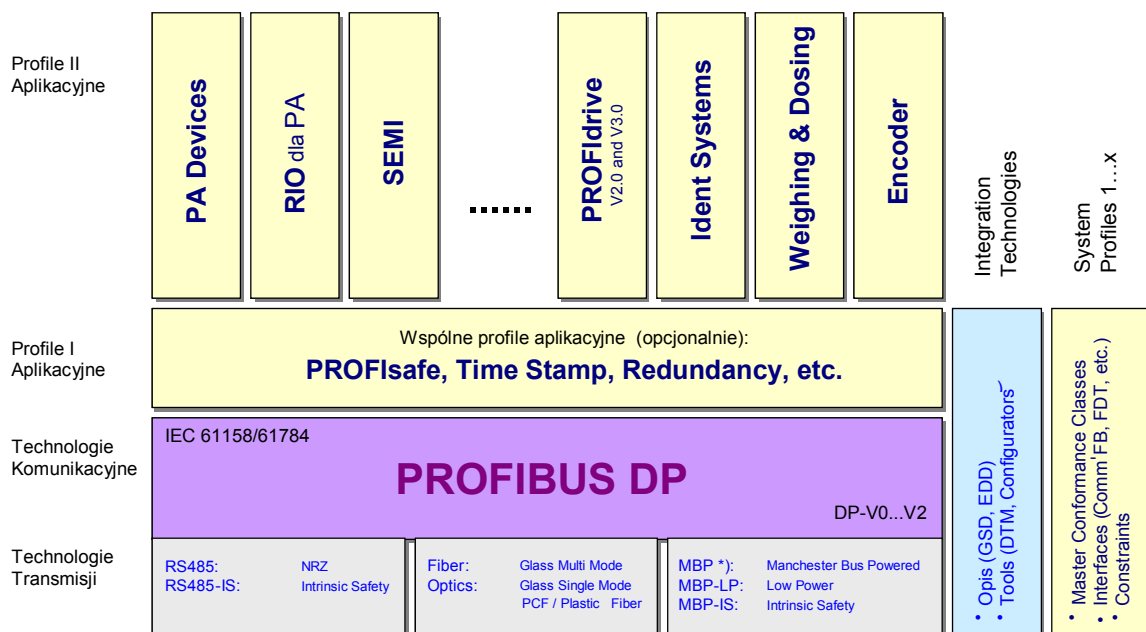
Opracowanie wspomnianych dwóch protokołów komunikacyjnych, pociągnęło za sobą powstanie licznych profili aplikacyjnych oraz rozwój urządzeń sieciowych. Sieć PROFIBUS początkowo występowała tylko w automatyce przemysłowej, natomiast od 1995 pojawiła się w automatyce procesowej. Obecnie sieć PROFIBUS jest liderem w zakresie sieci polowych. Szacuje się, że obejmuje 20% rynku z około 500,000 aplikacjami i ponad 10 milionami węzłów sieciowych (dane z roku 2004), dostępnych jest więcej niż 2000 produktów PROFIBUS od różnych producentów.

### 2.3 Organizacja

Sukces sieci PROFIBUS spowodowany jest zarówno zastosowaniem najnowocześniejszych technologii oraz działaniem organizacji wspierającej PROFIBUS **PNO**, która reprezentuje producentów i użytkowników. Wraz z 25 innymi regionalnymi organizacjami PROFIBUS w różnych krajach pod wspólną egidą międzynarodowej organizacji PROFIBUS International (**PI**) założonej w roku 1995, która zrzesza obecnie więcej niż 1,100 członków na całym świecie. Założeniem organizacji PI jest ciągłe wspieranie i rozwój sieci PROFIBUS.

Dodatkowo obok wspierania technologii związanych z siecią PROFIBUS, organizacja PI ma za zadania pomoc techniczną dla użytkowników i producentów oraz podejmowanie starań związanych ze standaryzacją technologii i rozwiązań.

PI jest największą organizacją użytkowników sieci polowych na świecie. Stwarza ona możliwości ciągłego rozwoju najnowszych technologii oraz zapewnia kompatybilność i otwartość w przyszłości wszystkim użytkownikom sieci PROFIBUS.



Rys. 3: Struktura systemu sieci PROFIBUS

## 2.4 PROFIBUS "Tool Box"

Sieć **PROFIBUS** ma strukturę modułową, dodatkowo pozwala zrealizować transmisję poprzez liczne technologie komunikacyjne, oferuje dużą ilość aplikacji i profili systemowych, jak również narzędzia do obsługi i parametryzacji urządzeń. PROFIBUS w pełni spełnia wymagania użytkowników w różnych aplikacjach przemysłowych i procesowych. Liczne aplikacje potwierdzają stawiane wymagania i oczekiwania w zakresie technologii sieciowych.

Z punktu widzenia **technologicznego** – najniższy poziom (komunikacja) w strukturze systemowej PROFIBUS (patrz rys. 3) oparty jest na wspomnianym modelu ISO/OSI. Pozwala on instynktownie opisać poszczególne kroki komunikacji bez wgłębiania się w szczegóły techniczne. Rys. 3 zawiera zastosowanie modelu OSI (warstwy 1, 2 oraz 7) w sieci PROFIBUS z opisem poszczególnych warstw i ich zastosowaniem, czy specyfikacją.

Specyfikacja aplikacji uzgodniona pomiędzy producentem, a użytkownikiem dla specyficznych urządzeń została przedstawiona powyżej warstwy 7 w profilu aplikacyjnym I oraz II.

Warstwa systemu jak pokazano na rys.3 posiada następujące możliwości:

- funkcje i narzędzia pozwalające na opis urządzeń i jego integrację (Sposoby integracji, patrz rozdział 7) oraz
- liczne standardy (interfejsy, profile master i profile systemowe), które służą do realizacji standardowych systemów, patrz rozdział 6.

Z punktu widzenia użytkownika PROFIBUS przedstawiono w formie różnych typowych aplikacji, z podkreśleniem, że nie zostały one tylko specjalnie zdefiniowane, ale są sprawdzone w licznych aplikacjach. Każda z nich stanowi kombinację podstawowych modułów z grupy „sposobu transmisji”, „protokołów komunikacyjnych” i „profilu aplikacyjnych”. Jako przykład pokazano poniżej różne wersje sieci PROFIBUS (Rys. 4).

**PROFIBUS DP** stosowany jest w automatyce przemysłowej do rozpraszania modułów; typowo transmisja realizowana jest w technologii RS485; wykorzystywana jest jedna z wersji protokołu komunikacyjnego DP, jak również jeden lub kilka profili, np. dla systemów identyfikacji czy robotów/NC.

**PROFIBUS PA** implementowany jest generalnie w automatyce procesowej. Wykorzystuje typowo technologie transmisji MBP-IS oraz protokół transmisji w wersji DP-V1 oraz profile aplikacyjne dla urządzeń - PA Devices.

**Motion Control z PROFIBUS** przeznaczony jest dla sterowania napędami z wykorzystaniem technologii transmisji RS485. Wykorzystuje protokół transmisji w wersji DP-V2 oraz profil aplikacyjny PROFIdrive.

**PROFIsafe** wykorzystywany jest w aplikacjach do zabezpieczeń (zasadniczo wykorzystywany we wszystkich gałęziach przemysłu). Wykorzystuje RS485 lub MBP-IS oraz jedną z wersji protokołu DP z profilem PROFIsafe.

### 2.4.1 Technologie transmisyjne

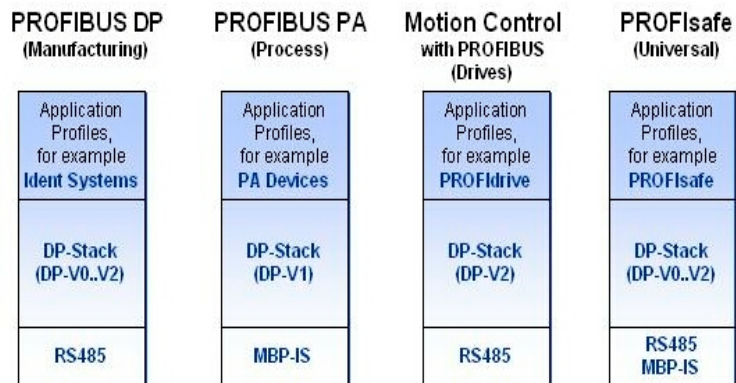
Użytkownik może wybrać różne media i sposoby przesyłania danych, pozwalające na transmisję w sieci PROFIBUS.

**RS485** jest najbardziej popularną technologią transmisyjną. Wykorzystuje ekranowaną parę przewodów. Dopuszczalna prędkość transmisji wynosi 12 Mbit/sec.

Nowo zdefiniowana wersja **RS485-IS** została określona dla medium 4-przewodowego w strefach zagrożonych wybuchem EEx-i. Określony poziom napięcia i prądu odnosi się do dopuszczalnej wartości bezpiecznej, której nie wolno przekroczyć w żadnym urządzeniu, czy w czasie łączenia systemu. W przeciwieństwie do modelu FISCO (patrz rozdział 3.1.2), który posiada tylko jedno źródło iskrobezpieczne, w tym wypadku wszystkie stacje reprezentują źródła aktywne.

Technologia **MBP (Manchester Coded, Bus Powered)**, wcześniejsze oznaczenie "IEC 1158-2 - Physics", patrz rozdział 3.1) występuje w aplikacjach w automatyce procesowej gdzie wymagane jest zasilanie po sieci oraz dla stacji iskrobezpiecznych. Technologia ta porównywalna jest do poprzednio opisanego technologii "Fieldbus Intrinsically Safe Concept" (FISCO, patrz rozdział 3.1.2), która została specjalnie stworzona do połączenia iskrobezpiecznych urządzeń, znacząco upraszcza projektowanie i instalację.

**Światłowód** - tego typu transmisja wykorzystywana jest w przypadku występowania dużych zakłóceń elektromagnetycznych oraz przy dużych odległościach pomiędzy stacjami (patrz rozdział 3.1.3).



Rys. 4: Typowe zastosowania aplikacyjne sieci PROFIBUS



## 2.4.2 Protokoły komunikacyjne

Na poziomie protokołu, PROFIBUS DP wraz ze swoimi wersjami DP-V0 do DP-V2 oferuje całe spektrum opcji, które zapewniają optymalną komunikację pomiędzy różnymi aplikacjami. Historycznie protokół FMS był pierwszym protokołem w sieci PROFIBUS.

**FMS (Fieldbus Message Specification)** przeznaczony jest do wzajemnej komunikacji na poziomie sterowania jednostek centralnych PLC oraz komputerów PC. Był on poprzednikiem protokołu PROFIBUS DP.

**DP (Decentralized Periphery)** jest prostym, szybkim, cyklicznym i deterministycznym procesem wymiany danych pomiędzy stacją master, a określoną stacją slave. Pierwotna wersja DP-V0 i późniejsza rozszerzona wersja DP-V1 pozwalają na cykliczną wymianę danych pomiędzy stacjami master i slave. Wersja DP-V2 pozwala dodatkowo na komunikację slave-to-slave z trybem pracy izochronicznym.

**Bus Access Protocol**, warstwa 2 lub warstwa danych, definiuje procedurę master-slave oraz procedurę token passing pozwalającą na koordynację dostępu kilku stacji master w sieci (rys. 5). Warstwa 2 zawiera również funkcje do zabezpieczeń i obsługi ramki danych.

**Warstwa aplikacji**, warstwa 7, definiuje *warstwę aplikacji* oraz określa interfejs do programu użytkownika. Oferuje dużo różnych usług dla cyklicznej i acyklicznej wymiany danych.

## 2.4.3 Profile

*Profile* stanowią zarówno dla użytkownika, jak i producentów specyfikację właściwości, parametrów oraz zachowanie się urządzeń i systemów w sieci. Profile definiują parametry i zachowanie się urządzenia i systemów, które należą do danej grupy urządzeń (profilu). Profile wykorzystywane są w licznych aplikacjach, które związane są z określonymi urządzeniami

polowymi, jego sterowaniem i metodą integracji (engineering). Termin "profil" odnosi się do pojedynczej specyficznej klasy urządzeń oraz również do aplikacji w przemyśle. Zasadniczo termin odnoszący się do wszystkich profili nazywany jest jako profile aplikacyjne (*application profiles*).

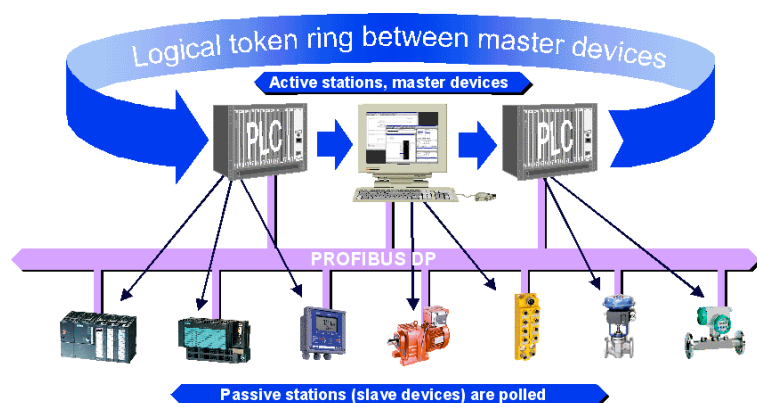
Rozróżnia się następujące profile: **ogólne profile aplikacyjne (general application profiles)** z opcją dla różnych aplikacji, np. profile PROFIsafe, Redundancy oraz Time Stamp, dalej **specyficzne profile aplikacyjne (specific application profiles)**, które określono dla specyficznych aplikacji, np. PROFIdrive, urządzeń SEMI lub PA oraz **profile systemowe i profile dla mastera (system and master profiles)**, które opisują zachowanie się systemu polowego.

PROFIBUS oferuje liczne profile aplikacyjne, które pozwalają na implementację określonych aplikacji.

## 2.5 PROFIBUS - Klucz do sukcesu

**Sukces sieci PROFIBUS** definiują liczne cechy i właściwości:

- PROFIBUS oferuje producentom i użytkownikom instalacji uniwersalną, otwartą technologię.
- PROFIBUS pozwala na redukcję kosztów maszyn i instalacji polowych.
- PROFIBUS oferuje spójne i logiczne rozszerzenie do zastosowań w różnych aplikacjach przemysłowych.



Rys. 5: PROFIBUS konfiguracja z aktywnymi stacjami master i slave.

### 3. PROFIBUS Transmisja i komunikacja

#### 3.1 Technologia transmisji

W modelu **ISO/OSI** warstwa 1 definiuje "fizycznie" sposoby transmisji danych zarówno pod kątem elektrycznym, jak i mechanicznym. Włączając w to typ kodowania i zastosowany standard transmisyjny (RS485). Warstwa 1 nazywana jest warstwą fizyczną.

**PROFIBUS** określa różne wersje warstwy 1, czyli technologie transmisyjne (patrz tabela 4). Wszystkie wersje bazują na międzynarodowym standardzie i są zawarte w PROFIBUS w normach IEC 61158 oraz IEC 61784.

Prędkość transmisji [KBit/s]	Maksymalna odległość [m]
9.6; 19.2; 45.45; 93.75	1200
187.5	1000
500	400
1500	200
3000; 6000; 12000	100

Wartości te odnoszą się dla kabla typu A z parametrami:

Impedancja	135 to 165 $\Omega$
Pojemność	$\leq 30$ pF/m
Rezystancja	$\leq 110$ $\Omega$ /km
Średnica drutu	$> 0.64$ mm
Przekrój rdzenia	$> 0.34$ mm <sup>2</sup>

Tabla 3: Prędkość transmisji i odległość dla kabla typu A

##### 3.1.1 Technologia transmisji RS485

Technologia transmisji **RS485** zasadniczo jest bardzo prosta i stosunkowo tania. Najczęściej stosowana jest dla zadań, które wymagają dużej prędkości transmisji. Jako kable transmisyjne wykorzystuje się dwużyłowe ekranowane przewody miedziane.

Technologia RS485 jest prosta w użyciu. Nie wymaga dużej wiedzy w celu zainstalowania przewodu. Struktura sieci pozwala na dołączanie i rozłączanie stacji lub uru-

chamianie jej bez wpływu na inne stacje. Stopniowa rozbudowa (oczywiście w określonych granicach) nie wpływa na stacje, które już pracują.

Nowa opcja technologii RS485 pozwala również na pracę w strefie zagrożonej wybuchem (RS485-IS, patrz opis na końcu rozdziału).

#### Charakterystyka RS485

Można wybrać **prędkości transmisji** od 9.6 Kbit/s do 12 Mbit/s w sieci. Jednak wszystkie stacje w sieci muszą pracować z ustawioną jedną prędkością. Można dołączyć do 32 stacji w segmencie. Maksymalna dopuszczalna długość linii zależy od prędkości transmisji. Zestawienie parametrów sieci pokazano w tabeli 4.

#### Instalacja w technologii RS485

##### Topologia

Wszystkie urządzenia w sieci łączą się w strukturze linii. W pojedynczym segmencie można podłączyć do 32 stacji (typu master lub slave). Początek i koniec segmentu musi być zakończony *terminatorem* (Rys. 6). Oba terminatory muszą mieć ciągle zasilanie aby zapewnić poprawną transmisję. Zazwyczaj terminator załączany jest na danej stacji lub bezpośrednio na wtyczce. Jeżeli należy podłączyć więcej niż 32 stacje lub w przypadku gdy chcemy rozszerzyć sieć należy zastosować moduł *repeater'a*, który łączy poszczególne segmenty sieci.

##### Kable i wtyczki

Na rynku dostępne są różne typy kabli (oznaczane jako typ A - D), które wykorzystuje się w różnych aplikacjach bezpośrednio do łączenia poszczególnych stacji lub innych elementów w sieci (coupler, link, repeaters). Zalecane jest w technologii transmisji RS485 zastosowanie kabli typu A (patrz dane techniczne w tabeli 3).

Kable do sieci "PROFIBUS" oferowane są przez różnych producentów, zaleca się jednak stosowanie techniki szybkiego montażu (fast-connect), która znacznie skraca czas okablowania i pewność działania całej sieci.

Przy łączeniu poszczególnych stacji należy zwrócić uwagę na to, aby nie podłączyć odwrotnie linii danych. Zawsze należy używać kabli ekranowanych (kable typu A są ekranowane) w celu zapewnienia ochrony przed wpływem zakłóceń elektromagnetycznych. Ekran powinien być uziemiony po obu końcach, o ile to możliwe. Dodatkowo należy zapewnić aby kabel sieciowy ułożony był oddzielnie od wszystkich kabli energetycznych.

Dostępne na rynku wtyczki pozwalają na bezpośrednie dołączenie kabla bezpośrednio wchodzącego do danej stacji i kabla wychodzącego z niej. Pozwala to na łączenie i rozłączanie stacji bez przerywania transmisji danych. Typ wtyczek stosowanych w technologii RS485 zależy od stopnia ochrony IP. Wtyczki 9-pin zasadniczo stosuje się dla IP 20. Dla IP 65/67 mamy do wyboru następujące rozwiązania:

- Wtyk okrągły M12 – wykonanie wg normy IEC 947-5-2
- Wtyk zgodny ze standardem DESINA (Han-Brid)
- Wtyczki hybrydowe Firmy Siemens

System wtyczek hybrydowych zapewnia również obok ekranowanego kabla miedzianego transmisję danych z wykorzystaniem światłowodu oraz dodatkowe przewody do zasilania 24 V dla peryferii.

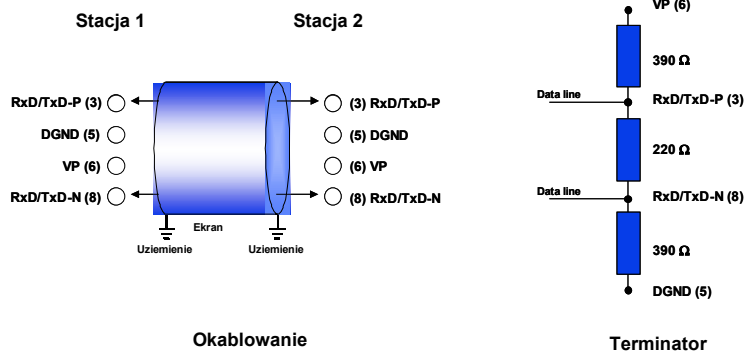
Eventualne problemy transmisji danych w sieci PROFIBUS zazwyczaj spowodowane są przez nieprawidłowe okablowanie i błędną instalację wtyczek. Tego typu problemy można szybko wykryć wykorzystując urządzenie testujące sieć - *bus test devices*.

Lista dostawców akcesoriów sieciowych takich, jak wtyczki, kable, repeatery, testery sieci można znaleźć w internecie na stronie [www.profibus.com](http://www.profibus.com).

#### RS485-IS

Na rynku pojawiła się potrzeba zastosowania technologii RS485 w strefie zagrożonej wybuchem.

Organizacja PNO opracowała wtyczne odnośnie adaptacji technologii RS485 do zastosowań w strefach zagrożonych wybuchem.



Rys. 6: Okablowanie i terminator sieci dla technologii transmisji RS485

Parametry interfejsu określają poziom prądu i napięcia, który musi być zapewniony przez wszystkie stacje tak aby zagwarantować bezpieczną pracę. Odpowiedni obwód elektryczny zapewnia prąd maksymalny dla danego poziomu napięcia. Jeżeli łączymy źródła aktywne, wtedy suma prądów wszystkich stacji nie może przekroczyć wartości dopuszczalnego prądu maksymalnego.

Nowością w technice RS485-IS jest to, że porównaniu z modelem FISCO, który posiada tylko jedno bezpieczne źródło, teraz wszystkie stacje reprezentują źródła aktywne. Z doświadczeń wynika, że można podłączyć do 32 stacji do obwodu w strefie zagrożonej wybuchem.

### 3.1.2 Transmisja w technice MBP

Termin MBP określa technologię transmisji z następującymi cechami

- "Manchester Coding (M)" – kodowanie Manchester oraz
- "Bus Powered", (BP) – zasilanie przez sieć.

Termin ten zastępuje poprzednią nazwę dla transmisji w strefie zagrożonej wybuchem "warstwa fizyczna zgodnie z normą IEC 61158-2", "1158-2", itp. Powodem tych zmian było to, że w jego definicji wersji norma IEC 61158-2 (warstwa fizyczna) opisuje różne technologie transmisji, włączając w to technologię MBP.

MBP jest transmisją synchroniczną ze zdefiniowaną prędkością transmisji 31.25 Kbit/s oraz kodowaniem typu Manchester. Technologia ta najczęściej wykorzystywana jest w automatyce procesowej – chemia i petrochemia. Parametry transmisji pokazano w tabeli 4.

	MBP	RS485	RS485-IS	Fiber Optic
Transmisja danych	cyfrowa, bitowa, synchroniczna, kodowanie Manchester	cyfrowa, sygnał różnicowy, NRZ*	cyfrowa, sygnał różnicowy, NRZ*	optyczna, cyfrowa, NRZ*
Prędkość transmisji	31.25 KBit/s	9.6 do 12,000 KBit/s	9.6 do 1,500 KBit/s	9.6 do 12,000 KBit/s
Zabezpieczenie danych	nagłówek, znacznik początku/końca	HD**=4, bit parzystości, znacznik początku/końca	HD**=4, bit parzystości, znacznik początku/końca	HD**=4, bit parzystości, znacznik początku/końca
Przewód transmisyjny	ekranowany, dwużyłowy kabel miedziany	ekranowany, dwużyłowy kabel miedziany, typu A	ekranowany, czterożyłowy kabel, typu A	światłowód wielomodowy lub jednomodowy, PCF, plastik
Zdalne zasilanie	dostępne opcjonalnie przez przewód sygnałowy	dostępne przez dodatkowy przewód	dostępne przez dodatkowy przewód	dostępne przez linię hybrydową
Strefa zagrożona wybuchem	IEEx ia/lb	nie	EEx ib	nie
Topologia	linia oraz drzewo z terminatorem; struktura mieszana	linia z terminatorem	linia z terminatorem	Linia, gwiazda oraz pierścień;
Liczba stacji	do 32 stacji w segmencie; łącznie maks. 126 w sieci	do 32 stacji w segmencie bez repeater'a; do 126 stacji z repeater'em	do 32 stacji w segmencie; do 126 stacji z repeater'em	do 126 stacji w sieci
Liczba repeater'ów	maks. 4 repeatery	maks. 9 repeaterów z regeneracją sygnału	maks. 9 repeaterów z regeneracją sygnału	nieograniczona ilość z regeneracją sygnału

Tabela 4: Sposoby transmisji (warstwa fizyczna) w sieci PROFIBUS

\*NRZ (Non Return to Zero) – zmiana sygnału z "0" na "1" nie odbywa się w trakcie transmisji danego bitu

\*\*HD (Hamming Distance) – dla HD = 4 można rozpoznać do 3 jednocześnie przekłamanych bitów w telegramie

## Zasady tworzenia instalacji w technologii MBP

### Sposoby łączenia

Technologia transmisji dla stref zagrożonych wybuchem MBP generalnie ogranicza się do jednego segmentu (urządzenia w strefie zagrożonej) w instalacji, który następnie łączy się do segmentu RS485 (system sterowania oraz stacje inżynierskie) poprzez specjalny *coupler* lub *link* (rys. 7).

**Coupler** jest to konwerter sygnału, który konwertuje sygnał RS485 na sygnał MBP i odwrotnie. Dla samego protokołu jest to urządzenie przezroczyste.

Konwerter typu *link* posiada natomiast własną inteligencję. Przetwarzacz (mapuje) wszystkie urządzenia dołączone do segmentu MBP i widziany jest jako pojedyncza stacja slave w danym segmencie RS485. Nie ogranicza on przez to prędkości transmisji w segmencie RS485.

### Topologie sieci w technologii MBP

Transmisja w technologii MBP dopuszcza strukturę linii lub drzewa.

W strukturze linii stacje są połączone do kabla głównego poprzez trójnik. Struktura drzewa podobna jest do klasycznej techniki łączenia stacji w sieci. Kabel wielożyłowy został zastąpiony przez kabel dwużyłowy. Przy zastosowaniu topologii drzewa, wszystkie stacje sieciowe dołączone do segmentu połączone są równolegle. We wszystkich wypadkach maksymalna odległość liczona jest jako cał-

kowita długość wszystkich linii. Dla aplikacji w strefach zagrożonych wybuchem maksymalna dopuszczalna długość wynosi 30 m.

### Medium transmisyjne

Jako medium transmisyjne wykorzystuje się ekranowany kabel dwużyłowy, patrz rys. 6. Kabel sieciowy wyposażony jest w pasywny terminator linii, który stanowi element RC o wartości  $R = 100 \Omega$  oraz  $C = 2 \mu F$ . Terminator sieciowy zintegrowany jest w module *coupler* lub *link*. W technologii MBP nieprawidłowe podłączenie urządzenia polowego (np. odwrotna polaryzacja) nie wpływa na pracę całej sieci gdyż stacja wyposażona są w funkcję automatycznego wykrywania polaryzacji.

### Liczba stacji, długość linii

Liczba stacji jaką można dołączyć do jednego segmentu ograniczona jest do 32. Jednakże liczba ta może być ograniczona zasilaniem i typem zabezpieczenia.

W sieci w strefie zagrożonej wybuchem zarówno maksymalne napięcie jak i maksymalny prąd zasilania są ściśle ograniczone i zdefiniowane. Wyjście zasilacza jest również ograniczone dla układów pracujących w strefie nie zagrożonej wybuchem.

Przy określaniu maksymalnej długości kabla, wystarczy obliczyć zapotrzebowanie mocy dla poszczególnych stacji polowych i na bazie tego określić zasilacz i długość przewodu dla wybranego typu kabla. Wymagany prąd ( $=\Sigma$  wymaganej mocy) określa się jako sumę prądów urządzeń polowych podłą-

czonych do segmentu plus należy uwzględnić rezerwę 9 mA na segment jako prąd FDE (Fault Disconnection Electronics). FDE zabezpiecza zablokowanie stacji, która uległa awarii.

Dopuszcza się zasilanie z sieci lub zasilanie zewnątrz stacji. Należy zwrócić uwagę na to, że urządzenia zasilane z zewnątrz również pobierają tzw. prąd podstawowy (basic current) poprzez terminator sieci, który należy wliczyć do kalkulacji prądowej sieci.

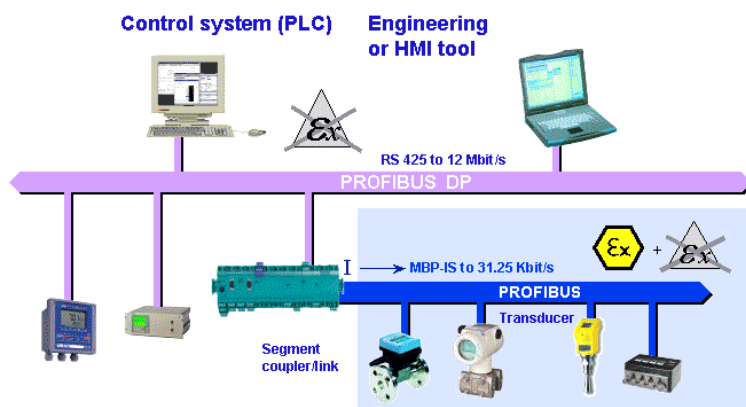
Model FISCO znacznie upraszcza planowanie instalacji i rozbudowę sieci PROFIBUS w strefie zagrożonej wybuchem (patrz rozdział 3.1.4).

### 3.1.3 Technologia transmisji poprzez światłowód

Niektóre warunki pracy aplikacji sieciowych są bardzo restrykcyjne jeżeli chodzi o wpływ zakłóceń elektromagnetycznych lub wymagana jest konieczność transmisji na bardzo duże odległości. W takim wypadku należy zastosować transmisję poprzez światłowód. Opis techniczny PROFIBUS 2.022 dotyczący transmisji poprzez światłowody i określa dostępne technologie transmisji optycznej. Duży nacisk został położony na to, aby bezproblemowo zintegrować istniejące już stacje PROFIBUS do sieci optycznej bez konieczności zmiany protokołu PROFIBUS (warstwa 1). Zapewnia to kompatybilność dla istniejących instalacji PROFIBUS.

Dostępne typy światłowodów pokazano w tabeli 5. Obok topologii sieci typu *gwiazda* i *pierścień* dopuszcza się również topologię *linii*.

Najczęściej sieć optyczna zbudowana jest w oparciu o konwerter sygnału elektrycznego na optyczny, który podłączony jest do urządzenia sieciowego oraz do światłowodu. Pozwala to na zastosowanie transmisji poprzez RS485 oraz światłowód w jednej instalacji, zależnie od potrzeb.



Rys. 7: Topologia instalacji i zasilanie poprzez sieć urządzeń polowych przez zastosowanie technologii MBP



### 3.1.4 Model FISCO

**Model FISCO** (Fieldbus Intrinsically Safe Concept) znacznie upraszcza planowanie, instalację i rozbudowę sieci PROFIBUS w obszarze zagrożonym wybuchem.

Model ten został rozwinięty w Niemczech przez urząd **PTB** (**Physikalisch Technische Bundesanstalt** – Niemiecki Instytut Dopuszczeń Technicznych), a obecnie jest uznawany na świecie jako podstawowy model pracy sieci w strefach zagrożonych wybuchem.

Model ten zakłada, że sieć jest bezpieczna do pracy w strefie zagrożonej wybuchem i nie wymaga oddzielnej kalkulacji dla czterech składników systemu sieciowego – stacji polowych, kabli, couplera oraz terminatora sieci) w przypadku kiedy mieszczą się one w zdefiniowanych limitach napięcia, prądu, rezystancji, indukcyjności i pojemności. Należy dokonać odpowiedniej certyfikacji poszczególnych elementów sieci w odpowiedniej jednostce badawczej i dopuszczającej w kraju.

Jeżeli zastosowane urządzenia jest zgodne z modelem FISCO, wtedy można stosować większą ilość stacji na pojedynczej linii, stacje można wymieniać podczas pracy, jak również można rozszerzać sieć – wszystko to bez zbędnego przeliczania i certyfikacji całego systemu. Można powiedzieć, że w strefie zagrożonej wybuchem mamy mechanizm plug & play! Wymagane jest tylko przestrzeganie wyżej wymienionych zasad (patrz "Instrukcja instalacji MBP") przy wyborze zasilacza, długości linii oraz terminatora sieci.

Transmisja wg standardu MBP oraz modelu FISCO oparta jest na następujących zasadach:

Typ światłowodu	Średnica rdzenia [μm]	Zakres
Szklany wielomodowy	62.5/125	2-3 km
Szklany jednomodowy	9/125	> 15 km
Plastykowy	980/1000	< 80 m
HCS®	200/230	około 500 m

Tabla 5: Charakterystyka światłowodów optycznych

### Warunki stawiane aplikacjom wg standardu FISCO

- Zastosowanie tylko jednego źródła zasilania w segmencie
- Wszystkie stacje muszą mieć dopuszczenie pracy wg FISCO
- Długość kabla nie może przekroczyć 1000 m (ignition protection class i, kategoria a)/ 1900 m (ignition protection class i, kategoria b)
- Kabel musi posiadać następujące parametry:  
 $R' = 15 \dots 150 \Omega/\text{km}$   
 $L' = 0.4 \dots 1\text{mH}/\text{km}$   
 $C' = 80 \dots 200 \text{nF}/\text{km}$
- Wszystkie kombinacje zasilaczy i urządzeń polowych muszą zapewnić aby dopuszczalne wartości wejściowe ( $U_i$ ,  $I_i$  oraz  $P_i$ ) poszczególnych stacji mieściły się, w przypadku awarii, w maksymalnie dopuszczalnej wartości wyjściowej ( $U_0$ ,  $I_0$  oraz  $P_0$ ) zasilacza.

### Zalety FISCO

- Obsługa Plug & Play, nawet dla strefy zagrożonej wybuchem
- Nie jest wymagana certyfikacja całego systemu
- Wymiana stacji lub rozszerzenie sieci bez zbędnych kalkulacji
- Zwiększenie maksymalnej liczby stacji w sieci

- nie podaje się na sieć zasilania jeżeli stacja pracuje jako nadajnik.
- Każdy segment posiada tylko jedno źródło zasilania, zasilacz.
- Każde urządzenie pobiera prąd podstawowy o wartości minimum 10 mA w stanie gotowości.
- Urządzenie polowe zachowuje się jak pasywne źródło prądu.
- Na końcach linii zainstalowano pasywne terminatory linii.
- Dopuszcza się topologię sieci jako linia, drzewo oraz gwiazda.

Przy zasilaniu poprzez sieć, prąd podstawowy o wartości minimum 10 mA dla stacji służy jako jej zasilanie. Sygnały komunikacyjne generowane są przez nadajnik, który moduluje prąd  $\pm 9$  mA.

### 3.2 Protokół komunikacyjny DP

Protokół komunikacyjny DP (Decentralized Peripherals) został stworzony do *szybkiej wymiany danych z urządzeniami obiektowymi* (warstwa polowa). Zazwyczaj stacja centralna (PLC, PC lub system sterowania procesem) komunikuje się z urządzeniami rozproszonymi po obiekcie, takimi jak wejścia/wyjścia, zawory, przetworniki, czy analizatorami poprzez bardzo szybkie połączenie szeregowe. Wymiana danych ze stacją rozproszoną jest zasadniczo cykliczna. Potrzebne do tego funkcje komunikacyjne są określone przez podstawowe funkcje bazowe DP (wersja DP-V0). Mając na uwadze specjalne wymagania przy tworzeniu aplikacji na różnych obiektach, funkcje te są rozszerzane stopniowo przez funkcje specjalne, co zaowocowało tym, że obecnie mamy już trzy kolejne wersje: DP-V0, DP-V1 oraz DP-V2, przy czym każda kolejna wersja posiada rozszerzone właściwości (patrz rys.8). Przejście do kolejnych wersji związane jest z kolejnymi pracami nad protokołem i rosnącymi wymaganiami aplikacyjnymi. Wersja V0 oraz V1 zawierają zarówno "charakterystykę" (powiązanie z implementacją) oraz opcje, podczas gdy wersja V2 tylko określa opcje.

Podstawowe cechy poszczególnych wersji są następujące:

**DP-V0** posiada podstawowe funkcje DP, włączając cykliczną wymianę danych, jak również diagnostykę stacji, diagnostykę modułu i poszczególnych kanałów.

**DP-V1** zawiera rozszerzenia związane z automatyką procesu, w szczególności acykliczną komunikację danych w celu parametryzacji, obsługi wizualizacji i alarmów inteligentnych urządzeń polowych, działającą wraz z cykliczną komunikacją danych użytkowych. Pozwala to na bezpośredni dostęp do stacji wykorzystując odpowiednie narzędzia inżynierskie. Dodatkowo DP-V1 definiuje alarmy. Przykładem różnych typów alarmów są alarmy statusowe, alarmy odświeżania oraz alarmy określone przez użytkownika.

**DP-V2** wprowadza dalsze rozszerzenia, które są związane przede wszystkim z napędami. Dzięki dodatkowym funkcjom, takim jak izochroniczny tryb pracy oraz komunikacji slave-to-slave (DXB, Data eXchange Broadcast) itp., DP-V2 implementowany jest do obsługi napędów przy sterowaniu osiami.

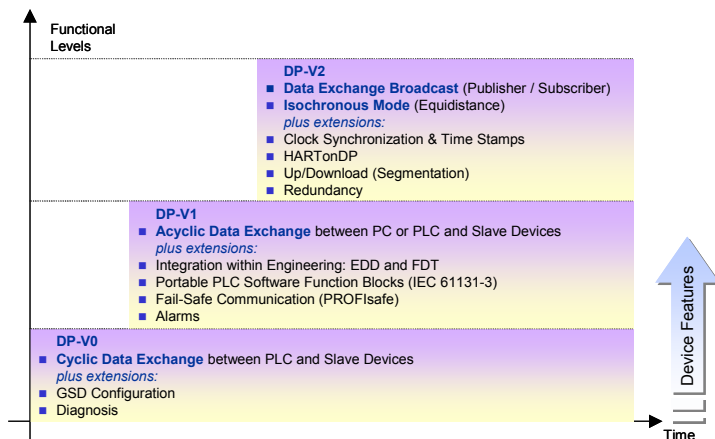
Poszczególne wersje DP określone są w normie IEC 61158. Poniżej objaśniono poszczególne wersje DP.

### 3.2.1 Funkcje podstawowe DP-V0

Jednostka nadrzędna (master)

- odczytuje cyklicznie sygnały wejściowe ze stacji slave oraz
- zapisuje cyklicznie stan wyjść do stacji slave.

Czas cyklu sieci może być mniejszy jak czas cyklu programu w jednostce centralnej, który średnio wynosi około 10 ms dla większości aplikacji. Jednakże szybka praca sieci nie jest wystarczająca. Dodatkowo wymagana jest prosta obsługa, dobra diagnostyka i praca bez zakłóceń. DP zapewnia optimum wymagań stawianych sieciom (patrz zestawienie w tabeli 6).



Rys. 8: Funkcje poszczególnych wersji PROFIBUS DP

### Prędkość transmisji

DP potrzebuje około 1 ms przy prędkości 12 Mbit/s aby przesłać 512 bitów wejściowych oraz 512 bitów wyjściowych danych przesyłanych do/z 32 stacji. Rys. 9 pokazuje typowe czasy transmisji DP, zależnie od ilości stacji i prędkości transmisji. W protokole DP, dane wejściowe i wyjściowe transmitowane są w jednym cyklu transmisyjnym wiadomości. Dane użytkownika DP transmitowane są przy użyciu funkcji serwisowej **SRD** (Send and Receive Data Service) warstwy drugiej.

### Funkcje diagnostyczne

Rozszerzona diagnostyka funkcjonalna w sieci DP pozwala na szybką lokalizację awarii. Ramka diagnostyczna transmitowana jest w sieci do stacji Master. Wiadomość ta dzieli się na trzy poziomy:

#### Diagnostyka określona dla urządzenia

Tego typu informacje dotyczą ogólnych informacji stacji, jak "Przegrzanie", "Niskie napięcie" lub "Problemy z interfejsem".

#### Diagnostyka zorientowana na moduły

Tego typu diagnostyka odnosi się do określonych modułów I/O danej stacji (np. 8-bitowe moduły wyjściowe).

#### Diagnostyka zorientowana na kanał

Tego typu diagnostyka określa awarię zorientowaną na poszcze-

gólne bity wejść/wyjść (kanał), takie jak "zwarcie wyjścia".

### Konfiguracja systemu i typy stacji

DP pozwala na stosowanie systemu w strukturze mono-master (pojedyncza stacja Master w sieci) oraz multi-master (kilka stacji Master w sieci). Daje to dużą elastyczność przy konfiguracji systemu. Dopuszcza się podpięcie do maksimum 126 stacji (Master lub Slave) w sieci. Generalnie specyfikację systemu definiuje się przez:

- ilość stacji
- przyporządkowanie adresów stacji do adresów I/O,
- konsystencję danych I/O,
- format diagnostyki oraz
- parametry w sieci.

### Typy stacji

System DP określa zasadniczo 3 różne typy stacji.

#### DP Master klasy 1 (DPM1)

Generalnie jest to jednostka centralna, która cyklicznie wymienia informacje ze stacjami rozproszonymi (Slave). Typowo stacją DPM1 stanowi sterownik programowalny (PLC) lub komputer PC. DPM1 posiada aktywny dostęp do sieci z możliwością odczytu danych wejściowych (input) stacji polowych oraz z możliwością zapisu wartości wyjściowych (outputs).

### DP Master klasy 2 (DPM2)

Urządzenia tego typu stanowią stacje inżynierskie i systemy konfiguracyjne. Wykorzystuje się je podczas uruchamiania i do obsługi i diagnostyki skonfigurowanych stacji, odczytu wartości wejściowych i parametrów oraz statusu urządzenia. Master DPM2 nie musi być podpięty ciągle do sieci systemowej. DPM2 również posiada aktywny dostęp do sieci.

### Stacja Slave

Stacja Slave generalnie to urządzenie peryferyjne, takie jak moduły I/O, napędy, panele, zawory, przetworniki,...), które przekazują informacje o procesie i do procesu. Stacje Slave są stacjami o pasywnym dostępie do sieci (stacje pasywne), oznacza to, że odpowiadają one na bezpośrednie zapytania. Tego typu zachowanie jest bardzo proste i efektywne (w wersji DP-V0 całkowicie obsługiwany jest przez hardware).

W strukturze **mono-master**, aktywna jest tylko jedna stacja Master w sieci. Rys 10 pokazuje system skonfigurowany jako mono-master. PLC stanowi centralną jednostkę sterującą. Stacje Slave połączone są zdalnie do PLC poprzez odpowiednie medium transmisyjne. Tego typu konfiguracja systemu pozwala na uzyskanie najkrótszych czasów cyklu.

W systemie **multi-master** kilka stacji Master podłączonych jest do sieci. Stanowią one albo niezależne podsystemy albo traktowane są jako dodatkowe stacje skonfigurowane w systemie i stacje diagnostyczne. Stan wejść i wyjść stacji Slave może być odczytywany przez każdą ze stacji DP Master, natomiast tylko jedna stacja DP Master (skonfigurowana stacja DPM1) może ustawiać wyjścia.

### Tryby pracy systemu

Aby zapewnić bezproblemową i szybką możliwość podmiany danej stacji tego samego typu, ustandaryzowano tryby pracy systemu DP. Stan pracy określone jest przede wszystkim przez stację Master DPM1.

Tryb pracy może być zmieniany zarówno lokalnie jak i poprzez sieć z urządzenia sterującego. Wyróżnia się trzy główne tryby pracy:

Dostęp do sieci	<ul style="list-style-type: none"><li>Przekazywanie dostępu do nadawania (Token passing procedure) pomiędzy stacjami typu Master oraz dostępu do nadawania danych (data passing) pomiędzy stacjami Master i Slave</li><li>Opcje systemu mono-master lub multi-master</li><li>Stacje Master i Slave, maks. 126 stacji w sieci</li></ul>
Komunikacja	<ul style="list-style-type: none"><li>Peer-to-peer (komunikacja danych użytkowych) lub multicast (sterowanie)</li><li>Komunikacja cykliczna danych master-slave</li></ul>
Tryby pracy	<ul style="list-style-type: none"><li>Normalna cykliczna transmisja wejść i wyjść</li><li>Clear (Zerowanie) Wejścia są odczytywane, wyjścia przyjmują stan bezpieczny (fail-safe)</li><li>Stop Diagnostyka i parametryzacja, brak transmisji danych użytkowych</li></ul>
Synchronizacja	<ul style="list-style-type: none"><li>Rozkazy sterujące umożliwiające Synchronizację wejść i wyjść</li><li>Sync mode Synchronizacja wyjść</li><li>Freeze mode Asynchroniczny odczyt wejść</li></ul>
Funkcjonalność	<ul style="list-style-type: none"><li>Cykliczna wymiana danych pomiędzy stacjami DP Master oraz Slave</li><li>Dynamiczna możliwość aktywacji/deaktywacji poszczególnych stacji Slave; kontrola konfiguracji stacji Slave</li><li>Funkcje diagnostyczne, 3 poziomowa diagnostyka</li><li>Synchronizacja wejść i wyjść</li><li>Opcjonalna możliwość przypisywania adresu dla stacji Slave poprzez sieć</li><li>Maks. 244 byte wejść/wyjść dla stacji Slave</li></ul>
Zabezpieczenia	<ul style="list-style-type: none"><li>Ramka z zabezpieczeniem Hamming Distance HD=4</li><li>Kontrola poprzez Watchdog stacji DP Slave awarii stacji</li><li>Zabezpieczenie przed dostępem do wyjść stacji Slave</li><li>Monitoring komunikacji danych użytkowych z timerem w stacji Master.</li></ul>
Typy stacji	<ul style="list-style-type: none"><li>DP master klasy 1 (DPM1), np. PLC, PC.</li><li>DP master klasy 2 (DPM2), np. stacje inżynierskie i diagnostyczne Stacje DP Slave, np. stacje wejść/wyjść, napędy, zawory</li></ul>

Tabela 6: Standard DP-V0

### Stop

Brak wymiany danych pomiędzy stacją Master DPM1 oraz stacjami Slave.

### Clear

Master DPM1 odczytuje wejścia ze stacji Slave i ustawia wyjścia w stan bezpieczny ("0").

### Operate

Master DPM1 wymienia dane ze stacjami. W trakcie wymiany danych wejścia są odczytywane ze stacji Slave oraz następuje zapis wartości na wyjścia.

Stacja Master DPM1 cyklicznie wysyła swój status do wszystkich dołączonych stacji Slave w określonym interwale czasowym, wykorzystując komendę multicast.

Reakcja stacji DPM1 na błędy w trakcie transmisji, np. awarię stacji Slave są określone przez parametr "auto clear".

Jeżeli parametr ten ustawiony jest na *True*, wtedy stacja Master DPM1 przełącza wyjścia wszystkich stacji slave, w których wystąpił błąd w stan bezpieczny, w chwili

kiedy stacja nie jest w stanie dłużej przesyłać danych użytkowych.

Jeżeli parametr ten ustawiony jest na *False*, DPM1 pozostaje w trybie pracy (operate state) nawet w przypadku błędu. Użytkownik powinien mieć kontrolę nad zachowaniem się systemu w takim przypadku.

### Cykliczna wymiana danych pomiędzy stacją Mastera DPM1 oraz stacją Slave

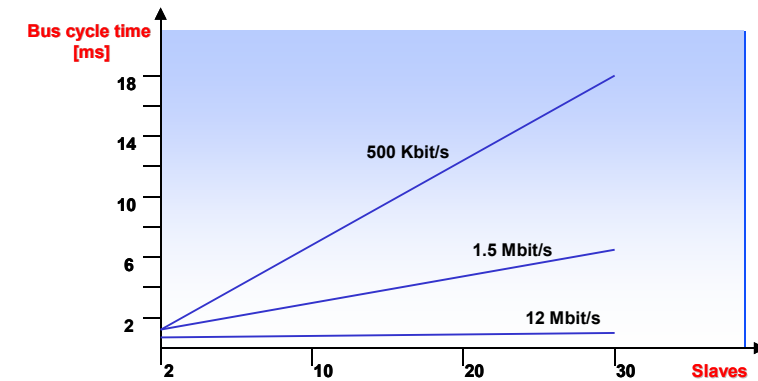
Wymiana danych pomiędzy stacją Master DPM1 i stacjami Slave następuje automatycznie w zdefiniowanej sekwencji (patrz Rys. 11). Przyporządkowanie stacji Slave do Mastera DPM1 przez użytkownika następuje podczas konfiguracji systemu. Użytkownik definiuje, które stacje Slave obsługiwane są cyklicznie przy wymianie danych.

Transmisja danych pomiędzy stacją Master DPM1 i stacjami Slave podzielona jest na trzy fazy: parametryzacja, konfiguracja oraz wymiana danych. Zanim stacja Master rozpocznie wymianę danych ze stacją slave następuje kontrola parametrów i konfiguracji, co zapewnia zgodność parametrów i konfiguracji stacji. Kontrola taka polega na sprawdzeniu typu stacji, formatu i długości informacji oraz ilości wejść i wyjść. Obok automatycznej wymiany danych użytkowych, można przesyłać również nowe dane parametryzacji do stacji Slave.

### Tryb sync oraz freeze

Obok typowej wymiany danych użytkowych obsługiwanej automatycznie przez stację Master DPM1, dana stacja Master może wysyłać również rozkazy sterujące do wszystkich stacji Slave lub do grupy stacji jednocześnie. Tego typu komendy wysyłane są jako komendy typu multicast i pozwalają ona na ustawianie trybu sync oraz freeze w tzw. układzie sterowanym synchronicznie.

Stacja Slave rozpoczyna tryb **sync** w momencie otrzymania komendy sync od przyporządkowanej stacji Master. Wyjścia wszystkich zad adresowanych stacji Slave są zamrażane. Podczas wymiany da-



Rys. 9: Cykl sieci DP w systemie mono-master. Założenie: każda stacja Slave posiada 2 bajty wejściowe i wyjściowe

nych użytkowych dane wyjściowe są zachowywane w stacji Slave, natomiast sam stan wyjść nie zmienia się. Dane na wyjściu nie zmieniają się do momentu nadejścia kolejnej komendy sync. Tryb Sync anulowany jest przez komendę "unsync".

W podobny sposób zachowuje się stacja Slave po otrzymaniu rozkazu freeze, który przełącza stację Slave w tryb **freeze**. W tym trybie stan wejść jest zamrażany. Dane wejściowe nie są odświeżane ponownie, aż do momentu otrzymania następnej komendy freeze. Tryb freeze kończy się po otrzymaniu komendy "unfreeze".

### Mechanizmy zabezpieczeń

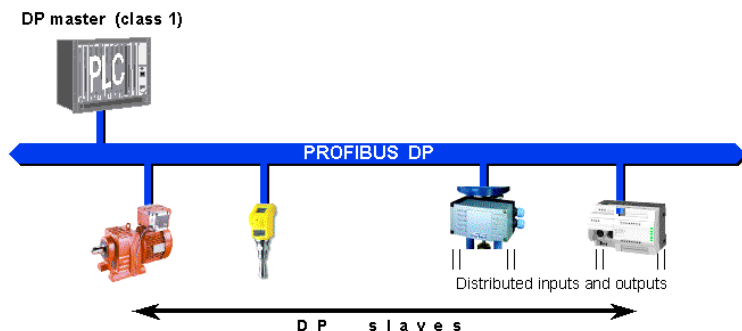
Ze względów bezpieczeństwa należy zapewnić odpowiednie mechanizmy zabezpieczające przed niewłaściwą parametryzacją lub błędami transmisji. W tym celu stacje DP Master oraz Slave wyposażono w mechanizm kontroli czasowej (time monitor). Czas kontroli czasowej definiowany jest podczas konfiguracji.

### DP Master

Stacja Master DPM1 wykorzystuje do kontroli transmisji danych ze stacją Slave układ czasowy Data\_Control\_Timer. Dla każdej stacji Slave wykorzystywany jest oddzielny timer. Kontrola czasowa włączana jest w przypadku błędnej transmisji danych. W przypadku włączenia automatycznej obsługi błęd (Auto\_Clear = True), Master DPM1 zawieszona stan normalnej wymiany i przełącza wyjścia dołączonych stacji Slave w stan bezpieczny.

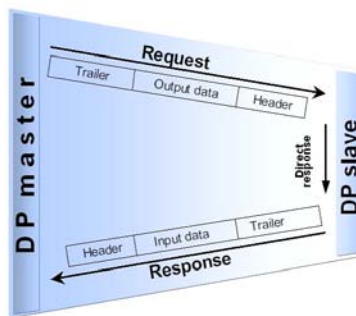
### Slave

Stacja Slave wykorzystuje mechanizm zabezpieczenia watchdog do wykrywania błędów transmisji. W przypadku braku transmisji ze stacją Master i upływie zadane go czasu watchdog, stacja Slave ustawia automatycznie wyjścia w stan bezpieczny. Dodatkowo stacja Slave posiada zabezpieczenie przed dostępem innych stacji (system multi-master) do ustawiania wyjść. Zapewnia to bezpośredni dostęp tylko uprawnionej stacji Master. Wszystkie inne stacje Master mają dostęp do obrazu wejść i do ich odczytu, bez żadnych zabezpieczeń.



Rys. 10: PROFIBUS DP mono-master system





Rys. 11: Transmisja cykliczna danych w sieci DP

### 3.2.2 Wersja DP-V1

#### Acykliczna wymiana danych

Podstawowe rozszerzenie funkcji w wersji DP-V1 stanowi możliwość acyklicznej wymiany danych. Tego typu funkcja wymagana jest do parametryzacji i kalibracji urządzeń polowych poprzez sieć w trakcie pracy oraz do wprowadzania i potwierdzania alarmów. Transmisja acykliczna wykonywana jest równoległe obok cyklicznej wymiany danych, ale posiada niższy priorytet. Rys. 13 pokazuje przykład obu komunikacji w systemie. Master klasy 1 posiada znacznik do nadawania (token) i ma możliwość wysyłania informacji do lub otrzymywania ze stacji Slave 1, następnie Slave 2, itp. w określonej sekwencji aż do obsługi ostatniej stacji Slave ze swojej listy (kanał MS0); następnie przekazuje uprawnienie nadawania do stacji Master klasy 2. Master ten może wykorzystać dostępny czas ("gap") z ustawionego cyklu do połączenia i transmisji acyklicznej do dowolnej ze stacji Slave (na Rys. 13 ze stacją Slave 3) w celu wymiany rekordów (kanał MS2); na końcu bieżącego czasu cyklu zwraca uprawnienia nadawania (token) do stacji Master klasy 1. Acykliczna wymiana rekordów może trwać kilka kolejnych cykli; na końcu Master klasy 2 wykorzystuje czas nadawania do skasowania połączenia. Podobnie również Master klasy 1 może wykorzystywać mechanizm acyklicznej wymiany danych ze stacjami Slave (kanał MS1).

Dodatkowe mechanizmy i serwisy pokazano w tabeli 7.

#### Rozszerzona diagnostyka

Podobnie jak w przypadku funkcji, rozszerzono również diagnostykę specyficzną dla danej stacji DP-V1 i podzielono ją na alarmy i status (patrz Rys. 12).

### 3.2.3 Wersja DP-V2

#### Komunikacja Slave-Slave (DXB)

Funkcja ta umożliwia bezpośrednią komunikację pomiędzy stacjami Slave wykorzystując komunikację typu broadcast bez konieczności komunikacji poprzez stację Master. W takim przypadku stacja Slave nazywana jest "publisher", natomiast stacja bezpośrednio odpowiadająca nazywana jest "subscribers" (patrz Rys. 15). Pozwala to na bezpośredni odczyt danych z innych stacji. Daje to możliwość tworzenia całkowicie nowych aplikacji i redukuje czas odpowiedzi w sieci do około 90 %.

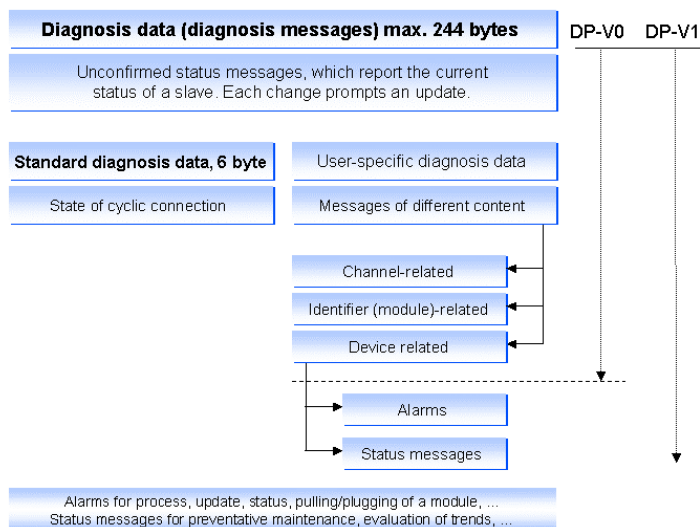
#### Tryb izochroniczny

Funkcja ta umożliwia sterowanie synchroniczne stacji Master i Slave niezależnie od obciążenia na sieci. Tego typu funkcja daje możliwość precyzyjnego pozycjonowania z odchyłką zegara na poziomie mniejszym niż mikrosekundy. Wszystkie stacje synchronizują cykl do cyklu w sieci Mastera.

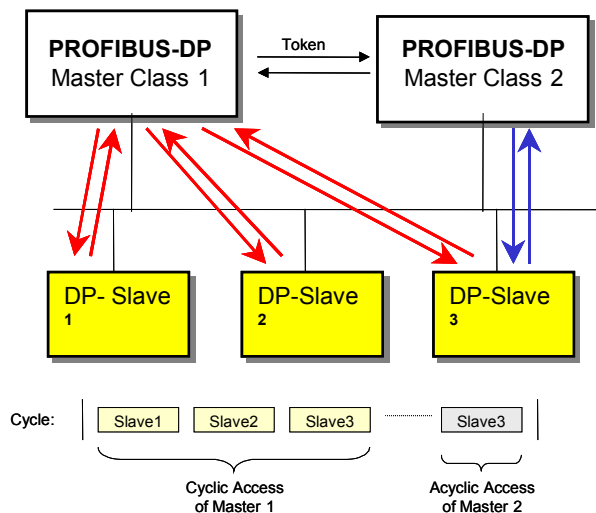
Wykorzystywana jest w tym celu funkcja globalna broadcast. Specjalny bit życia (kolejny numer) pozwala na monitoring synchronizacji. Rys. 14 pokazuje poszczególne czasy przy wymianie danych (DX, zielone), dostęp Mastera klasy 2 (żółte) oraz rezerwa (białe). Czerwona strzałka określa przebieg od bieżącego odczytu danych ( $T_1$ ) przez sterowanie ( $R_x$ ) do ustawiania danych wyjściowych ( $T_0$ ), które zazwyczaj mieszczą się w dwóch cyklach sieci.

#### Clock Control

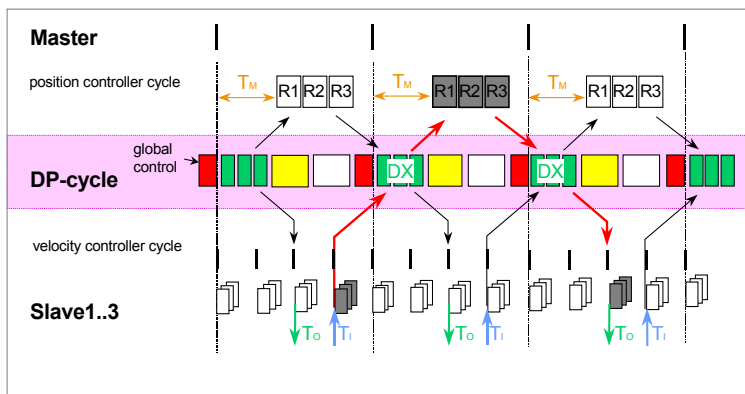
Funkcja ta (Master real-time wysyła stempel czasowy - time stamp do wszystkich stacji Slave poprzez nowy serwis MS3, przeznaczony do tego typu zastosowań), synchronizuje wszystkie stacje do czasu systemowego z rozdzielczością na poziomie milisekund. Pozwala to na dokładne śledzenie wszystkich zdarzeń i ułatwia diagnostykę błędów, jak również chronologiczne planowanie zdarzeń.



Rys. 12: Konfiguracja ramki diagnostycznej w DP-V0 oraz DP-V1



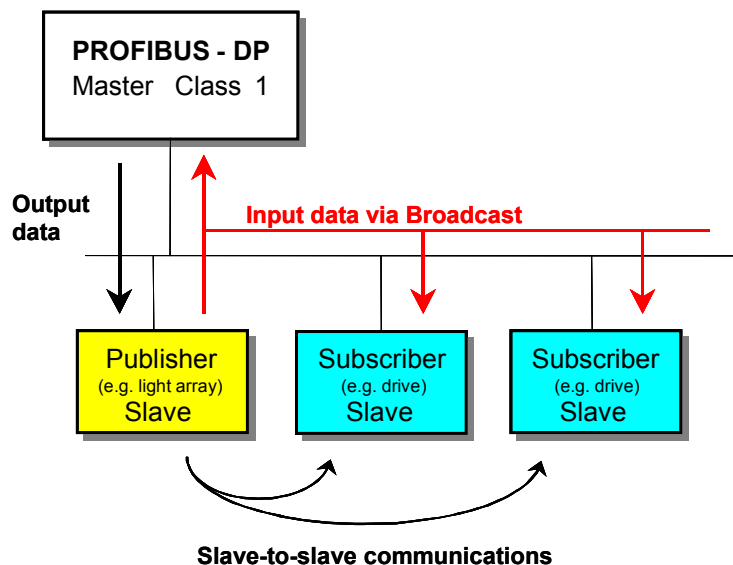
Rys. 13: Cykliczna i acykliczna komunikacja w DP-V1



Rys. 14: Tryb izochroniczny

### Upload oraz Download (Load Region)

Funkcja ta pozwala na ładowanie (loading) dowolnej wielkości obszaru danych do stacji polowej. Mamy przez to możliwość, np. przesłania programu lub wymianę stacji bez konieczności ręcznego przeladunku.



Rys. 15: Komunikacja typu slave-slave

### Funkcje systemowe - Function Invocation

Function Invocation służy do sterowania (start, stop, return, re-start) programu lub wywołanej funkcji (np. zbieranie wartości pomiarowych) w stacji DP Slave.

### 3.2.4 Adresacja poprzez Slot i Indeks

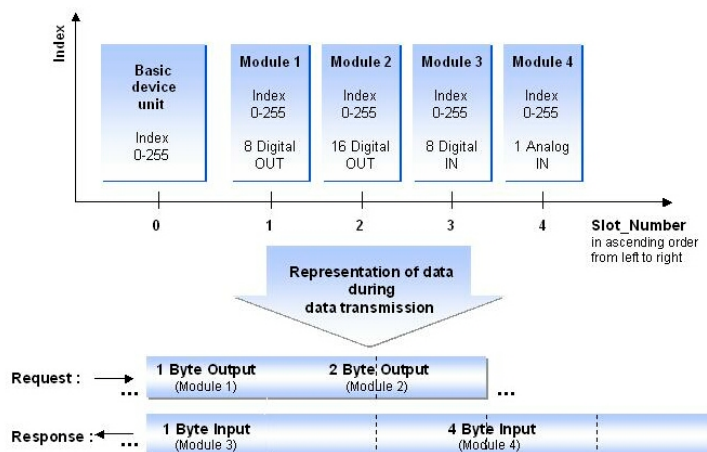
Przy adresacji danych, PROFIBUS zakłada że struktura stacji Slave jest *modułowa* lub może zostać podzielona wewnątrz na logiczne jednostki funkcjonalne, tzw. *moduły*. Tego typu model wykorzystywany jest również w podstawowych funkcjach DP do cyklicznej wymiany danych, gdzie każdy moduł posiada stałą ilość wejść/wyjść transmitowanych w ściśle określonej pozycji w telegramie danych. Sposób adresacji oparty jest na identyfikatorze, który charakteryzuje typ modułu jako wejścia, wyjścia lub kombinacje obu. Wszystkie identyfikatory tworzą konfigurację stacji Slave, która jest również sprawdzana przez Mastera DPM1 podczas uruchamiania systemu.

Acykliczna wymiana danych oparta jest również na tym modelu. Wszystkie bloki danych do odczytu/zapisu uważane są również jako przypisane do poszczególnych modułów i mogą być adresowane wykorzystując do tego numer slotu i indeks. **Numer slotu** adresuje moduł, natomiast **index** adresuje blok danych przypisany do modułu. Każdy blok danych może posiadać do 244 bajtów (patrz Rys. 16). W przypadku stacji modułowych nu-

mer slotu jest przypisany do modułu. Moduły rozpoczynają się od numeru 1 i numerowane są w narastającej kolejności. Slot o numerze 0 zarezerwowany jest dla samej stacji.

Stacje kompaktowe uważane są jako wirtualne jednostki modułowe. Można je również adresować poprzez numer slotu i indeks.

Przez określenie długości w zapytaniu czytania/zapisu możliwe jest również czytanie/zapis części bloku danych. Jeżeli dostęp do bloku danych jest pozytywny stacja Slave wysła pozytywną odpowiedź odczytu/zapisu lub w przeciwnym przypadku określa problem i wysła negatywną odpowiedź.



Rvs. 16: Adresacja poprzez slot i indeks

<b>Serwisy dla Acykliczne Wymiany Danych Pomiedzy stacją Mastera DPM1 oraz Slave</b>	
Read (czytaj)	Master czyta blok danych ze stacji Slave
Write (pisz)	Master pisze do bloku danych w stacji Slave
Alarm	Przesyłany jest alarm ze stacji Slave do stacji Master, która oczekuje potwierdzenia. Stacja Slave może wysłać nowy alarm tylko w wypadku gdy otrzyma potwierdzenie, zapobiega to nadpisywania alarmów.
Alarm_Acknowledge	Master potwierdza alarm otrzymany od stacji Slave
Status	Wiadomość statusowa przesyłana jest od stacji Slave do stacji Master. Nie wymaga potwierdzenia.
Wymiana danych zorientowana jest na połączenie poprzez typ połączenia MS1. Ustawiane jest one przez DPM1 i wykorzystywane do cyklicznej wymiany danych. Może być wykorzystywana przez Mastera do parametryzacji i konfiguracji danej stacji Slave.	

<b>Serwisy do Acykliczne wymiany danych pomiędzy stacjami Mastera DPM2 oraz Slave</b>	
Initiate (inicjalizacja) Abort (anuluj)	Ustawianie i kończenie połączenia dla acyklicznej wymiany danych pomiędzy stacjami Mastera DPM2 oraz Slave
Read (czytaj)	Master odczytuje blok danych ze stacji Slave
Write (pisz)	Master pisze do bloku danych w stacji Slave
Data_Transport	Master może zapisywać acyklicznie dane specyficzne dla danej aplikacji (określone w profilu) do stacji Slave oraz o ile to wymagane odczytywać dane ze stacji Slave w tym samym cyklu.
Wymiana danych jest zorientowana na połączenie poprzez typ połączenia MS2. Ustawiane jest ono przed uruchomieniem acyklicznej wymiany danych przez Mastera DPM2 wykorzystując serwis inicjalizacji. Wtedy dane połączenia jest gotowe do serwisów typu Read, Write oraz Data_Transport services. Stacja Slave może obsługiwać kilka aktywnych połączeń MS2 jednocześnie. Jednakże ilość takich połączeń jest ograniczona przez możliwości komunikacyjne danej stacji.	

## 4. Ogólne Profile aplikacyjne

**Ogólne Profile aplikacyjne** definiują funkcje i sposób działania w ramach danego protokołu różnych aplikacji i stacji. Mogą być również używane wraz z *specjalnymi profilami aplikacyjnymi*.

### 4.1 PROFIsafe

Do niedawna obiektowe sieci przemysłowe nie pozwalały na obsługę bezpośrednią procesów związanych z bezpieczeństwem. Zabezpieczenia realizowano w "tradycyjny" sposób lub wykorzystywano bardzo specyficzne sieci. Zastosowanie standardu PROFIsafe, umożliwia wykorzystania otwartej sieci PROFIBUS dodatkowo do aplikacji związanych z bezpieczeństwem i zabezpieczeniami.

PROFIsafe definiuje w jaki sposób urządzenia do zabezpieczeń - fail-safe (np. wyłączniki bezpieczeństwa, kurtyny świetlne, lasery,...) komunikują się poprzez sieć PROFIBUS z stacjami nadrzędnymi i to w tak „bezpieczny” sposób, że można tego typu rozwiązania stosować do KAT4 wg EN954, AK6 lub **SIL3 (Safety Integrity Level)**. Tak więc PROFIsafe realizuje komunikację do zabezpieczeń – safety poprzez profil, tj. specjalny format danych użytkowych i specjalny protokół.

Zazwyczaj w procesie tworzenia specyfikacji w systemach do zabezpieczeń uczestniczy wykonawca, użytkownik, dostawca i służby dopuszczające (TÜV, UDT). Bazę wyjściową stanowią przyjęte standardy, w szczególności norma IEC 61508.

PROFIsafe pozwala na wykrywanie błędów, które mogą wystąpić przy szeregowych transmisjach danych, mowa tu o opóźnieniach, utracie lub powtórzeniu danych, zamianie poszczególnych bajtów w sekwencji, błędnej adresacji i przekłamanii danych.

Istnieje kilka sposobów aby tego typu problemy wyeliminować, w PROFIsafe wykorzystano w tym celu:

- Sukcesywną numerację telegramów bezpieczeństwa.

- Timeout dla przychodzących ramek wiadomości i jej potwierdzenia.
- Identyfikator połączenia pomiędzy nadajnikiem, a odbiornikiem ("hasło").
- Dodatkowe zabezpieczenie danych poprzez sumę kontrolną (Cyclic Redundancy Check, **CRC**).

Wykorzystanie tego rodzaju mechanizmów pozwoliło w połączeniu z opatentowanym monitoringiem częstotliwości błędnych wiadomości „SIL monitor” na to, że PROFIsafe osiągnął klasę bezpieczeństwa do SIL 3.

PROFIsafe jest rozwiązaniem *programowym*, które zaimplementowane jest w urządzeniach jako dodatkowa warstwa („powyżej” warstwy 7 - patrz rysunek); sama sieć PROFIBUS i jej komponenty sieciowe i topologia, układy ASIC, czy protokół pozostają niezmienione.

Tak więc urządzenia pracujące w profilu PROFIsafe można stosować wraz ze standardowymi stacjami bez żadnych ograniczeń, na tym samym kablu.

PROFIsafe wykorzystuje komunikację acykliczną i może być używany w technologii RS485, światłowodowej oraz MBP, zapewniając jednocześnie bardzo szybki czas odpowiedzi (ważny dla sterowania) oraz bardzo bezpieczne sterowanie (ważne dla procesu automatyki).

W procesie technologicznym, wymagany jest tylko jeden typ standardowych urządzeń dla sterowania standardowego i do zabezpieczeń. Funkcje do zabezpieczeń można konfigurować w trakcie tworzenia samej aplikacji.

PROFIsafe jest otwartym profilem i

coraz częściej stosowanym w różnych środowiskach. Szczegółowy opis można znaleźć w opisie technicznym „PROFIsafe, Profile dla Technologii zabezpieczeń” (PROFIsafe, Profile for Safety Technology”, PNO nr zam. 3.092.

### 4.2 HART w sieci PROFIBUS DP

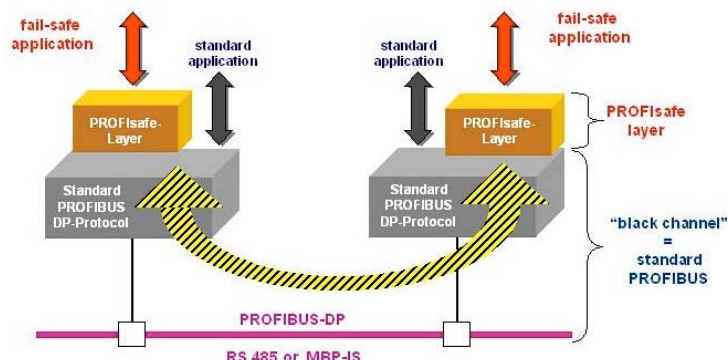
Ze względu na bardzo dużą liczbę instalacji pracujących z protokołem HART, kluczową stała się możliwość integracji ich do istniejącego lub nowego systemu PROFIBUS.

Specyfikacja PROFIBUS "HART" daje rozwiązanie tego problemu. Zawiera w sobie zalety komunikacji w sieci PROFIBUS bez żadnych zmian w protokole i jego usługach serwisowych oraz w transmisji danych PROFIBUS **PDUs (Protocol Data Units)**, jak i statusie urządzenia i charakterystyce funkcjonalnej.

Specyfikacja ta definiuje profil w sieci PROFIBUS, który jest zaimplementowany w stacji master oraz slave powyżej warstwy 7. Pozwala ona na mapowanie modelu client-master-server HART w sieci PROFIBUS. Współpraca z organizacją HART zapewniła całkowitą zgodność z protokołem HART.

Aplikacja HART-client zintegrowana jest w stacji PROFIBUS master oraz HART master w stacji PROFIBUS slave (patrz rys.19), przy czym ten ostatni pracuje jako multiplexer i obsługuje komunikację z urządzeniem typu HART.

Dla transmisji komunikatów HART, zdefiniowano kanał komunikacyjny, który pracuje niezależnie od połączeń MS1 oraz MS2. Stacja Master **HMD (HART Master Device)** może

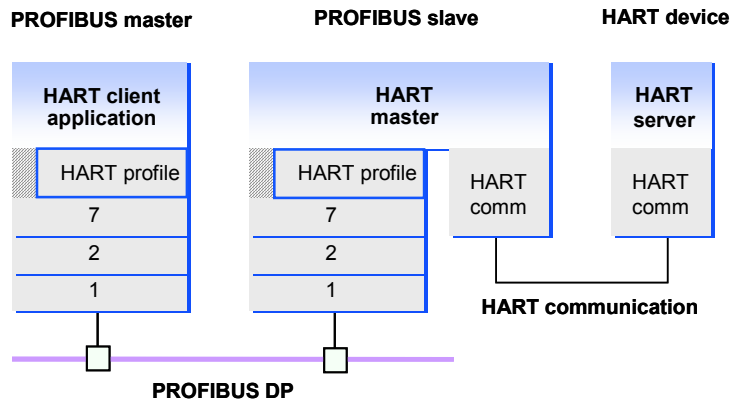


Rys. 17: Tryb Fail-safe z PROFIsafe



obsługiwać kilka stacji client. Liczba stacji client zależy od zastosowania.

Urządzenia HART można podłączyć ze stacją Master HMD do sieci PROFIBUS poprzez różne komponenty sieciowe (patrz opis techniczny PROFIBUS PNO „Profil PROFIBUS dla HART” - „PROFIBUS Profile for HART” nr zam. 3.102).

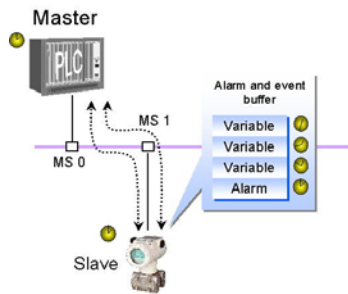


Rys. 19: Integracja urządzeń HART w sieci PROFIBUS DP

### 4.3 Znacznik czasowy - Time Stamp

W procesie zbierania i archiwizacji danych, często wymagana jest funkcja znacznika czasowego w sieci, szczególnie dla diagnostyki lub określenia awarii, który pozwoli na zapis zdarzenia, czy danej akcji ze stemplem czasowym.

W tym celu w sieci PROFIBUS



Rys. 18: Stempel czasowy i komunikat alarmu

zaimplementowano profil *stempla czasowego - time stamp*. Warunkiem jest ustawienie zegara w stacji Slave przez zegar ze stacji Master przez usługę MS3. W ten sposób dla danego zdarzenia można precyzyjnie określić czas, a następnie odczytać dane. Założono mechanizm gradacji komunikatów. Komunikaty określono jako "Alerts" i podzielono na alarmy o wysokim priorytecie (transmisja komunikatów diagnostycznych) oraz zdarzenia (events) o niskim priorytecie. W obu przypadkach stacja Master odczytuje acyklicznie (używając usługi MS1) wartość procentową ze znacznikiem czasowym oraz komunikaty alarmów i bufor zdarzeń stacji polowych (patrz Rys. 18). Więcej informacji na ten temat można znaleźć w dokumentacji PROFIBUS PNO "Time Stamp", nr zam.2.192.

### 4.4 Redundancja stacji Slave

Instalacje z urządzeniami polowymi z komunikacją redundantną mają zastosowanie w wielu aplikacjach. W tym celu opracowano mechanizm *slave-redundancy*, który charakteryzuje się następującymi cechami (patrz Rys. 20):

- Stacja Slave posiada dwa różne interfejsy PROFIBUS, które nazywa się podstawowym - *primary* oraz rezerwowym - *backup*. Może to być zarówno w pojedynczej stacji, jak i w dwóch odrębnych urządzeniach.
- Stacja wyposażona jest w dwa niezależne stosy komunikacyjne ze specjalnym rozszerzeniem *redundantnym (redundancy expansion)*.
- **Komunikacja redundantna (RedCom)** uruchamiana jest pomiędzy stosami komunikacyjnymi wewnątrz danej stacji lub pomiędzy urządzeniami i jest ona niezależna od sieci PROFIBUS, a jej szybkość określana jest przez czas przełączania (*redundancy reversing times*).

W trybie normalnej pracy komunikacja następuje przez łącze podstawowe - *primary slave*; tylko ta stacja jest skonfigurowana. Ona również wysyła dane diagnostyczne ze stacji zapasowej (*backup slave*). W przypadku gdy stacja podstawowa ulegnie awarii wtedy stacja backup przejmuje jej działanie i to zarówno w przypadku, gdy wykryje ona sama awarię stacji podstawowej, jak i dostanie takie zgłoszenie od stacji Master. Dodatkowo stacja Master monitoruje wszystkie stacje Slave i wysyła

ramkę diagnostyczną w momencie, gdy stacja ulega awarii.

Stacja redundantna Slave może pracować na jednej nitce PROFIBUS lub na dwóch niezależnych liniach. Tego typu rozwiązanie redundancji daje duże zalety, m.in.:

- Tylko jeden typ stacji wymagany jest dla różnych struktur redundantnych.
- Master, linie i redundantne stacje Slave występują niezależnie od siebie.
- Nie jest wymagana żadna dodatkowa konfiguracja stacji backup slave.
- Możliwy jest monitoring obu stacji.
- Stacje Slave nie mają wpływu na obciążenie sieci, a przy tym na dynamikę odpowiedzi PROFIBUS.

Redundancja stacji Slave PROFIBUS pozwala osiągnąć dużą niezawodność, krótki czas przełączania, ciągłość danych. Szczegółowy opis tego profilu można znaleźć w opisie technicznym PROFIBUS "Specification Slave Redundancy", nr zam.2.212.

## 5. Specyficzne profile aplikacyjne

PROFIBUS różni się od innych systemów sieciowych, m.in. dużą liczbą opcji aplikacyjnych. Nie tylko rozwijane są profile specyficzne, które wykorzystywane są w określonych, specyficznych aplikacjach użytkowych, ale również skutecznie łączą różne aplikacje, z jednoczesnym pełnym zachowaniem istniejących rozwiązań. W tabeli 8 pokazano specyficzne profile PROFIBUS jak również ich bieżące wersje.

### 5.1 PROFIdrive

Profil PROFIdrive definiuje obsługę i procedury dostępu do napędów elektrycznych pracujących w sieci PROFIBUS, począwszy od prostych przemienników częstotliwości, a skończywszy na dynamicznych serwonapędach. Integracja napędów w automatyce zależy ściśle od stawianych im zadań. Z tego powodu PROFIdrive definiuje sześć klas aplikacji, które spełniają

większość stawianych oczekiwań.

**Standard drives (class 1) – napędy standardowe**, sterowanie tego typu napędami następuje przez zmianę wartości zadanej (np. prędkości), która przekazywana jest przez moduł sieciowy do napędu.

W przypadku napędów standardowych z funkcjami technologicznymi - **standard drives with technological function (class 2)**, proces sterowania podzielony jest na kilka podprocesów, tzn. niektóre funkcje wykonywane są nie w jednostce centralnej sterownika, a w samym napędzie. PROFIBUS służy w takim wypadku jako technologiczny interfejs pomiędzy obiema stacjami. Wymagana jest również komunikacja slave-to-slave dla tego typu napędów.

**Napędy do pozycjonowania (positioning drive (class 3)** zawierają dodatkowo funkcje sterujące, wykorzystywane w aplikacjach, w których wymagana jest duża dokładność i precyzja. Start i parametry procesu pozycjonowania zadawane są do napędu przez sieć PRO-

FIBUS.

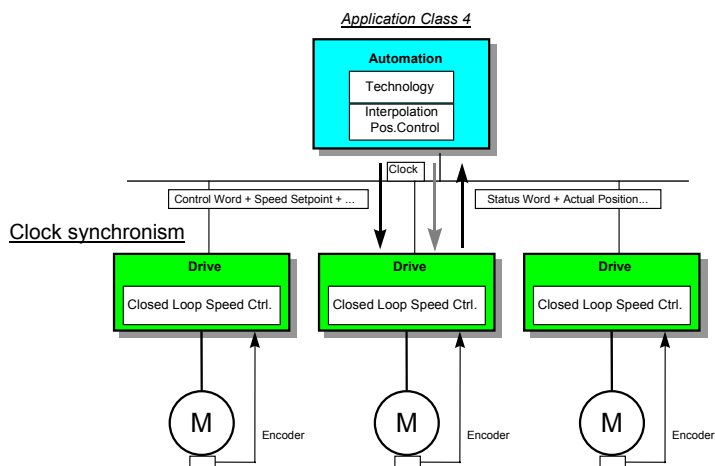
**Napędy dla sterowania w procesach numerycznych (central motion control (classes 4 and 5)** pozwalają na sterowanie szeregiem napędów, które zazwyczaj są sterowane z jednostki numerycznej (CNC). PROFIBUS służy w takim wypadku do zamknięcia pętli sterowania, jak również do synchronizacji zegara (Rys. 21). Tego typu idea pozycjonowania (Dynamic Servo Control) obsługuje również aplikacje dla silników liniowych.

**Automatyka rozproszona (distributed automation)** w układach sterowanych synchronicznie zegarem (**class 6**) może być stosowana do komunikacji slave-to-slave i w trybie izochronicznym. Przykładem tego typu aplikacji mogą być sprzęgła elektryczne, krzywki oraz procesy synchroniczne.

PROFIdrive definiuje model funkcjonalny urządzenia komunikacyjnego, który współpracuje wewnętrznie razem z systemem napędu. Modułom tym przypisano obiekty, które opisane są w profilu i

Nazwa profilu	Opis profilu	Bieżąca wersja profilu w PNO
PROFIdrive	Profil określający obsługę i sposób dostępu do napędów elektrycznych w sieci PROFIBUS.	V2 3.072  V3 3.172
PA devices	Profil charakteryzujący komunikację urządzeń pracujących w automatyce procesowej w sieci PROFIBUS.	V3.0 3.042
Robots/NC	Profil opisujący obsługę robotów w sieci PROFIBUS.	V1.0 3.052
Panel devices	Profil opisujący połączenie stacji operatorskich (HMI) z poziomem automatyki.	V1.0D 3.082
Encoders	Profil opisujący podłączenie enkoderów obrotowych, kątowych i liniowych, jedno i wieloobrotowych.	V1.1 3.062
Fluid power	Profil opisujący sterowanie urządzeń hydraulicznych poprzez sieć PROFIBUS (w porozumieniu z VDMA).	V1.5 3.112
SEMI	Profil opisujący zachowanie się urządzeń dla wytwórców półprzewodników w sieci PROFIBUS (SEMI standard).	3.152
Low-voltage switchgear	Profil definiujący wymianę danych dla urządzeń niskonapięciowych (wyłączniki, zabezpieczenia silników, itp.) w sieci PROFIBUS DP.	3.122
Dosing/weighing	Profil opisujący zastosowanie systemów wagowych i dozujących w sieci PROFIBUS DP.	3.162
Ident systems	Profil opisujący komunikację pomiędzy urządzeniami służącymi do identyfikacji (czytniki kodów paskowych, transpondery).	3.142
Liquid pumps	Profil definiujący zachowanie się pomp w sieci PROFIBUS DP. W porozumieniu z VDMA.	3.172
Remote I/O for PA devices	Z powodu swojej specyfiki, różne typy urządzeń i danych są wykorzystywane do komunikacji z oddalonymi stacjami I/O wraz ze stacjami PROFIBUS PA.	3.132

Tabela 8: PROFIBUS specyficzne profile aplikacyjne



Rys. 21: PROFdrive, pozycjonowanie z centralną interpolacją i sterowaniem

które zdefiniowano pod kątem ich funkcjonalności. Cała funkcjonalność napędu opisana jest przez jego parametry funkcjonalne.

W przeciwieństwie do innych profili, PROFdrive definiuje tylko mechanizm dostępu do parametrów profilu, które zawierają m.in. bufor błędów, ID napędu, itp.. Wszystkie inne parametry (których liczba może być większa niż 1000 w napędzie) są określone przez producenta, dając użytkownikowi ogromne możliwości funkcjonalne. Dostęp do poszczególnych elementów parametrów jest acykliczny przez kanał parametryzacji DP-V1.

PROFdrive V3 używa wersji DP-V2 jako protokołu komunikacyjnego wraz z komunikacją slave-to-slave oraz trybem izochronicznym. Profil dla stacji PA opisano w dokumentacji: "Profiles for variable speed drives", V2, nr-zam.: 3.072; "PROFdrive Profile Drive Technology", V3, nr-zam.: 3.172.

## 5.2 Stacje PA

Nowoczesne urządzenia procesowe posiadają dość znaczną inteligencję i przejmują część funkcji i działania systemu automatyki. Profil dla stacji PA definiuje wszystkie funkcje i parametry dla różnych typów (klas) urządzeń procesowych, które typowo przetwarzają sygnał pomiarowy czujnika na wartość procesową, która odczytywana jest przez system sterowania. Urządzenie podaje cały ciąg informacji

procesowych oraz określa status procesu patrz Rys. 25.

Profil dla urządzeń PA opisano w części ogólnej (*general requirement part*) zawierającej specyfikację dla wszystkich typów urządzeń oraz w arkuszu danych urządzenia (*device data sheets*) zawierającym specyfikację dla specyficznych typów urządzeń. Profil PA dostępny jest od wersji 3.0 i zawiera arkusz danych urządzenia dla następujących przetworników:

- ciśnienia i różnicy ciśnień
- poziomu, temperatury i przepływu
- wejść i wyjść cyfrowych i analogowych
- zaworów i elementów wykonawczych
- analizatorów

### Model blokowy

Przy projektowaniu wygodnie jest używanie *bloków* do opisu charakterystyki i funkcji danego punktu pomiarowego oraz dalej do reprezentowania aplikacji automatyki jako kombinację tych bloków. Specyfikacja urządzeń PA używa tego typu bloków funkcyjnych do reprezentacji sekwencji funkcjonalnej jak pokazano na Rys. 22.

Wykorzystuje się następujące *trzy typy bloków*:

#### **Bloki fizyczne (Physical Block - PB)**

PB zawiera dane charakteryzujące stację, np. nazwa stacji i producenta, numer seryjny, itp. Tego ty-

pu blok występuje tylko raz w każdym urządzeniu.

#### **Blok przetwarzania (Transducer Block) - TB**

Blok TB zawiera wszystkie dane wymagane dla obsługi przesyłanego sygnału z czujnika do danego bloku funkcyjnego. Blok TB może być pominięty, jeżeli tego typu funkcja ta nie jest wymagana.

Urządzenia wielofunkcyjne z dwoma lub kilkoma czujnikami zawiera odpowiednią ilość bloków TB.

#### **Bloki funkcyjne (Function Block) - FB**

Blok FB zawiera wszystkie dane potrzebne dla końcowej obróbki wartości pomiarowej przed wysłaniem do systemu sterowania lub nastaw.

Dostępne są następujące bloki funkcyjne:

#### **Blok wejścia analogowego (Analog Input Block) - AI**

Blok AI określa wartość pomiarową z czujnika lub bloku TB do systemu sterowania.

#### **Blok wyjścia analogowego (Analog Output Block) - AO**

Blok AO przekazuje urządzeniu wartość określona przez system sterowania.

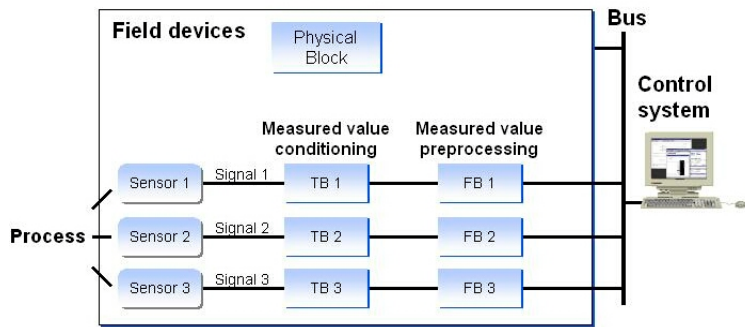
#### **Wejścia cyfrowe (Digital Input) - DI**

Blok DI przekazuje do systemu wartości wejściowe urządzenia.

#### **Wyjścia cyfrowe (Digital Output) - DO**

Blok DO przekazuje do urządzenia wartości wyjść określone przez system.

Bloki te są implementowane przez producenta jako system w danym urządzeniu polowym i stanowią w całości reprezentację funkcjonalną urządzenia. Generalnie kilka bloków zawarto jednocześnie w danej aplikacji (patrz Rys. 22, który pokazuje uproszczona strukturę wielofunkcyjnego urządzenia polowego).



Rys. 22: Struktura blokowa urządzenia polowego

Konfiguracja odpowiada podziałowi sygnału na dwa podprocesy:

pierwszy z podprocesów "metoda pomiaru iysterowanie" (Rys. 25: kalibracja, linearyzacja, skalowanie) wykonywany jest w **bloku przetwarzania TB**, natomiast działanie drugiego podprocesu "obróbka wartości pomiarowej/ustawienia" (Rys. 21) zawarto w **bloku funkcyjnym FB**.

### Specyfikacja w Profilu PA

Możliwe jest tutaj pokazanie tylko części specyfikacji. Szczegółowe informacje nt. znajdują się w literaturze fachowej, np.: "PROFIBUS PA" (Ch. Diedrich/ Th. Bange-mann).

### Ciąg sygnałowy

Profil PA określa funkcje i parametry, które odnoszą się do poszczególnych kroków w ciągu sygnałowym, jak pokazano to na Rys. 25. Jako przykład Rys. 23 i Tabela 9 pokazano szczegóły dla kroku "kalibracji", natomiast Rys. 24 pokazuje krok "określenia limitów".

### Parametry adresowe

Bloki określane są przez swój adres początkowy, natomiast parametry charakteryzuje odpowiedni indeks wewnątrz bloku. Aby dostać się do parametru blok specyficzny dla danego urządzenia zapisywany jest bezpośrednio w kartotece urządzenia.

### Parametry procesów baczowych

W celu zastosowania urządzeń polowych w procesie baczowym, profil ten pozwala na zapis kilku zestawów parametrów zarówno w trakcie pracy, jak i podczas uruchomienia. Bieżący proces baczowy przyporządkowywany jest do

parametrów przypisanych w trakcie uruchomienia.

### Urządzenia modułowe

PROFIBUS pozwala na definiowanie stacji jako kompaktowej lub modułowej, przy czym blok funkcyjny rozumiany jest jako "moduł". Profil PA pozwala na wybór odpowiedniego bloku funkcyjnego. Stacja skonfigurowana jako modułowa traktowana jest jako urządzenie z wieloma zmiennymi.

### Stacje z kilkoma zmiennymi procesowymi

Stacje procesowe podają zazwyczaj kilka zmiennych procesowych, np. używając kilku czujników lub określonych zmiennych. Odbywa się to w bloku przetwarzania profilu przez rozróżnienie wartości głów-

nej (Primary Value - **PV**) oraz wartości dodatkowej (Secondary Value - **SV**).

### Kontrola wartości granicznych - limity

Jedną z kilku informacji procesowych jest kontrola wartości granicznych (limity). Stacja PA oferuje odpowiednie mechanizmy aby zasignalizować ostrzeżenie/alarm przy przekroczeniu limitu lub po jego opuszczeniu (patrz Rys. 24).

### Status

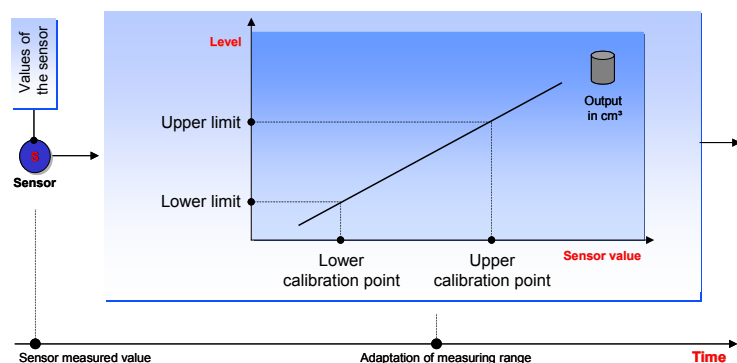
Status jest dodany do wartości mierzonej, dając informacje o jakości wartości pomiarowej. Wyróżnia się trzy poziomy jakości *zły*, *niepewny* oraz *dobry*. Dodatkowe informacje obsługiwane są przez poszczególne statusy, które są dołączane do każdego poziomu jakości.

### Systemy fail-safe

Profil PA również obsługuje pracę fail-safe. W przypadku wystąpienia błędu w ciągu pomiarowym, wtedy wyjście ustawiane jest na wartość ustaloną przez użytkownika. Użytkownik może wybrać jeden z trzech typów zabezpieczenia. Dalsze informacje można znaleźć w dokumencie PROFIBUS Guideline "Profile for Process Control Devices", nr zam. 3.042.

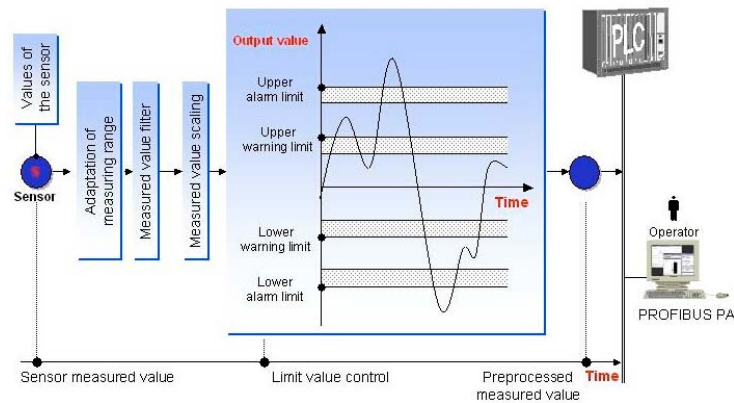
Parametr	Opis parametru
LEVEL_HI	Zakres pomiarowy
LEVEL_LO	
CAL_POINT_HI	Część dla zakresu pomiarowego czujnika, który przejmuje poziomy zakresów
CAL_POINT_LO	

Table 9: Parametry dla funkcji kalibracji



Rys. 23: Specyfikacja funkcji kalibracji





Rys. 24: Specyfikacja funkcji kontroli wartości granicznych

### 5.3 Profil Fluid Power

Profil ten opisuje format wymiany danych i parametrów dla urządzeń takich jak zawory, pompy i napędy opartych na standardzie PROFIdrive. Parametry przekazywane są poprzez kanał DP-V0 lub komunikację acykliczną DP-V1.

Dalsze informacje można znaleźć w opisie PROFIBUS Guideline "Profile Fluid Power Technology", nr zam. 3.112.

### 5.4 Urządzenia SEMI

Niektóre z urządzeń wykorzystywane są również w przemyśle półprzewodnikowym, są to m.in. pompy próżniowe lub przepływomierze.

Organizacja "Semiconductor Equipment and Materials International" określiła standard specyficzny dla tej gałęzi przemysłu (SECS, Semiconductor Equipment Communication Standard), z którym kompatybilny jest profil aplikacyjny PROFIBUS SEMI.

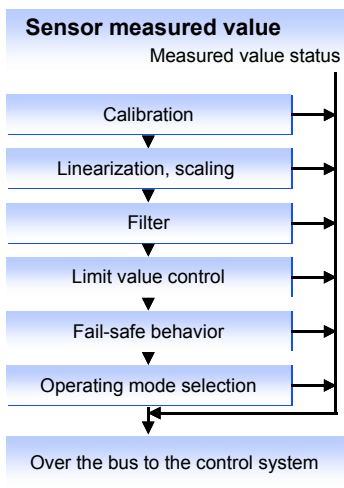
SEMI podzielony jest na 4 części (definicje ogólne, regulatory przepływu, pompy próżniowe oraz przetworniki).

### 5.5 System identyfikacji - Ident

System identyfikacji jest profilem dla czytników kodów paskowych i transponderów. Pracuje on wykorzystując funkcje DP-V1. Podczas cyklicznej wymiany danych kanał wykorzystuje małą ilość danych do przesyłania informacji statusowych/sterujących. Kanał acykliczny służy do transmisji dużej ilości danych zawierających informacje z czytnika. Definicja standardowych bloków funkcyjnych ułatwia zastosowanie tego typu systemów oraz pozwala na tworzenie aplikacji dla standardów ISO/IEC 15962 oraz ISO/IEC18000.

### 5.6 Zdalne wejścia/wyjścia w modułach PA

Dzięki swojej dużej modułowości zdalne urządzenia wejść/wyjść stanowią pewne utrudnienie dla "idealnego" modelu stacji PA. Z tego powodu, mają one specjalne miejsce w rozproszonej automatyce. Aspekt ekonomiczny również dość znacznie wpływa na konfigurację stacji (moduły, bloki, ...), zasoby (pamięć, rekordy, ...) i funkcje (np. dostęp acykliczny). Dlatego też zdefiniowano uproszczony model stacji. Celem jego było stworzenie maksymalnie wydajnej cyklicznej wymiany danych.



Rys. 25: Przepływ sygnału w profilu dla stacji PA

## 6. Profile systemowe

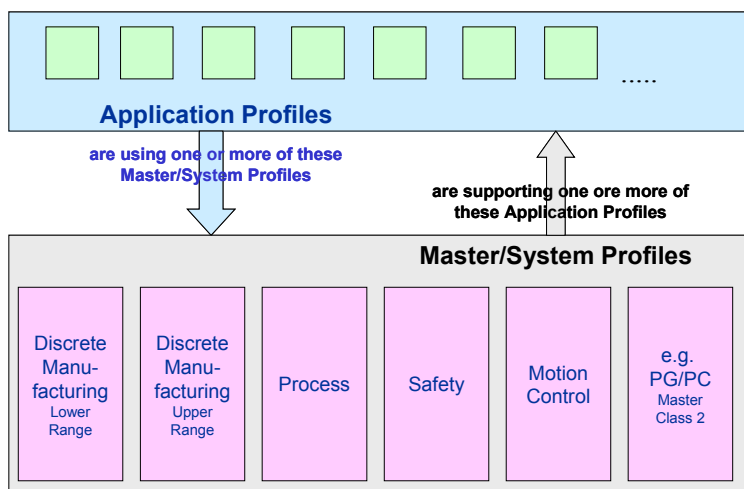
**Profile** w automatyce określają specyficzny charakter pracy urządzenia i systemu. Dzielimy je na określone klasy lub rodziny, które są niezależne od producenta, co zapewnia pewność działania i łatwość ewentualnej podmiany urządzenia w sieci.

**Profile Mastera w PROFIBUS** opisują klasy sterowników, przy czym każdy z nich obsługuje specyficzny "podzestaw" dostępnych funkcji Mastera, takich jak:

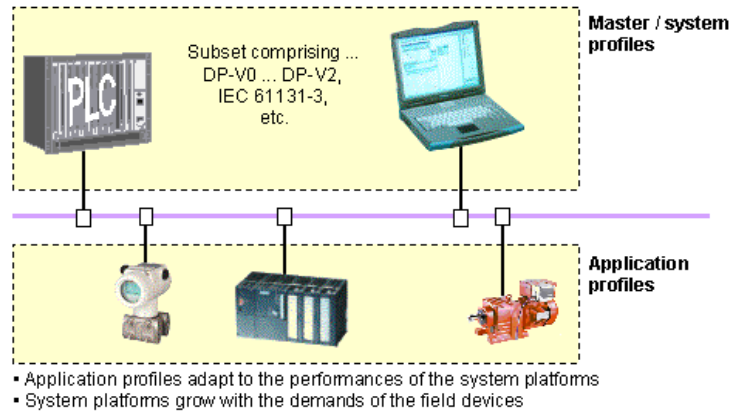
- komunikacja cykliczna
- komunikacja acykliczna
- diagnostyka, obsługa alarmów
- sterowanie zegarem
- komunikacja slave-to-slave, tryb izochroniczny
- bezpieczeństwo - safety

**Profile systemowe PROFIBUS** idą jakby o krok dalej i opisują klasy systemów włączając w to funkcje Mastera, dostępne funkcje dla *Standardowego Interfejsu Programowego* (FB wg IEC 61131-3, safety layer oraz FDT) oraz *opcje integracji* (GSD, EDD oraz DTM). Rys. 26 pokazuje platformy standardowe dostępne obecnie.

W systemie PROFIBUS, profile Mastera i systemu zawierają większość wymaganych profili aplikacyjnych (Rys. 27):



Rys. 26: Profile Master/system dla PROFIBUS



Rys. 27: Profile systemowe i aplikacyjne

- Profile Mastera i systemowe opisują specyficzne parametry systemowe, które są udostępniane dla urządzenia polowego,
- Profile aplikacyjne wymagają specyficznych parametrów systemowych aby uprościć ich zdefiniowane działanie.

Stosując te profile *producent urządzeń* skupia się na istniejących lub specyficznych profilach systemowych, natomiast *producent systemu* może wykorzystać istniejącą platformę przeznaczoną do obsługi danego urządzenia.

PROFIBUS oferuje dużą ilość profili systemowych opartych na istniejących aplikacjach polowych (patrz Rys. 26).

### Standardowe bloki funkcyjne (Bloki komunikacyjne)

Aby zapewnić niezależny od producentów systemu profili, koniecznym okazało się stworzenie dodatkowej platformy, tzw. aplikacyjnego interfejsu programowego (API, Rys. 27), wykorzystując standardowe bloki funkcyjne.

Ponieważ aplikacja programowa ma dostęp do cyklicznych danych komunikacyjnych (kanał MS0) poprzez obraz procesu systemu, dlatego też wcześniej nie przewidziano interfejsu do obsługi acyklicznej wymiany danych. Producenci wymagali aby stworzyć standard, który integruje stacje polowe z aplikacją użytkownika lub systemem bez dużej znajomości procesów komunikacyjnych. W tym celu PNO określiło bloki funkcyjne wg normy IEC61131-3 "Communication and Proxy Function Blocks according to IEC 61131-3". Określono tam bloki funkcyjne jako "kombinację standardów" opartych na normie IEC 61131-3 (programming languages) oraz wykorzystano kanał komunikacyjny PROFIBUS IEC 61158.

Zdefiniowano bloki komunikacyjne dla stacji Master klasy 1 oraz 2, jak również dla stacji Slave oraz podano inne dodatkowe funkcje. Funkcjonalność technologiczna urządzeń polowych może mieć zwartą identyfikację, wykorzystywaną przez wszystkie bloki. Wszystkie bloki mają również wspólny sposób wyświetlania błędów kodowanych wg normy IEC 61158-6.

Producenci sterowników *PLC* odpowiednich grup/profilu oferują tego typu standardowe bloki komunikacyjne ("Comm-FBs") zawarte w bibliotece "IEC libraries". Producent urządzeń polowych może odpo-

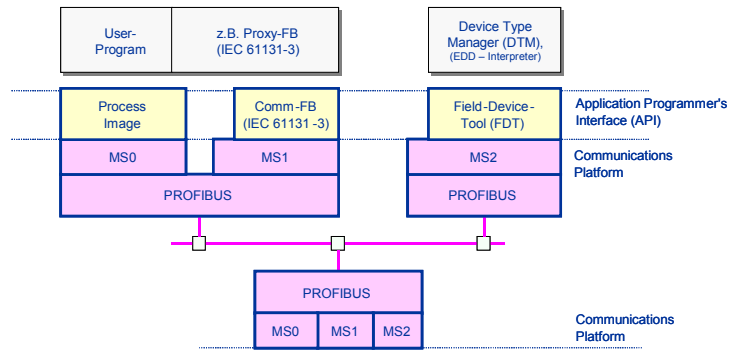
wiadać wykorzystywać bloki funkcyjne proxy w celu generowania odpowiedzi. Mogą one być wykorzystywane z powodzeniem we wszystkich systemach sterowania.

### Interfejs programowania aplikacji Application Programmer's Interface (API)

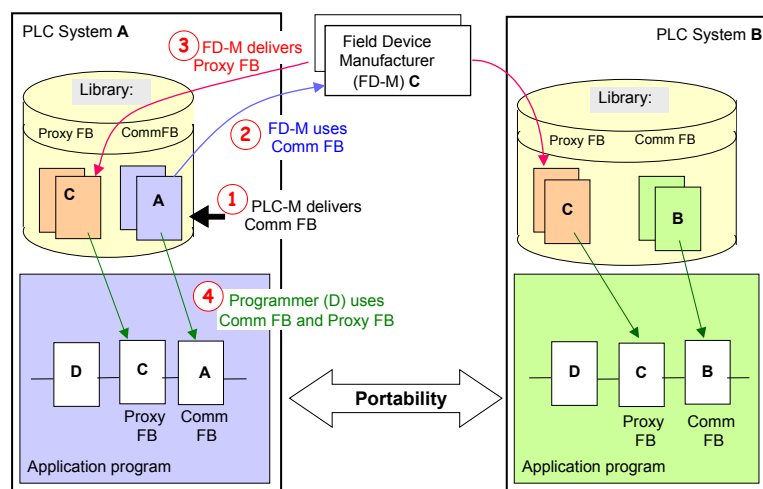
W celu maksymalnego uproszczenia mechanizmów komunikacyjnych w programie aplikacyjnym, umożliwiono programowanie w standardowych językach oraz wywoływanie bloków lub funkcji z biblioteki. Wraz z interfejsem FDT, bloki PROFIBUS "Comm-FBs" rozszerzają interfejs API Application Programmer's Interface jak pokazano na rys. 28.

### Bloki funkcyjne Proxy

Bloki funkcyjne Proxy reprezentują funkcje technologiczne stacji przez wprowadzenie wszystkich niezbędnych parametrów wejściowych i wyjściowych do interfejsu bloku. Bloki funkcyjne proxy tworzone są zazwyczaj jednokrotnie przez producenta urządzenia i są implementowane w systemie sterowania w odpowiedniej klasie systemu lub odpowiednim profilu bez specjalnych dodatkowych zabiegów (patrz Rys. 29).



Rys. 28: Interfejs programowania aplikacji - API



Rys. 29: Bloki funkcyjne

## 7. Device Management

Nowoczesne urządzenia polowe dostarczają dużo informacji i realizują również funkcje, które wcześniej wykonywane były w PLC i system sterowania. Aby móc wykonywać tego typu zadania, programy uruchomieniowe oraz programy inżynierskie i parametryzujące wymagają dokładnego i pełnego opisu funkcji i danych stacji, m.in. typ funkcji, parametry konfiguracyjne, zakres wartości, jednostki pomiarowe, wartości domyślne, limity, identyfikator, itp. To samo dotyczy sterowników, czy systemów sterowania, których specyficzne parametry i formaty danych muszą być znane, tak aby zapewnić bezbłędną wymianę danych ze stacjami polowymi.

PROFIBUS rozwinął liczne sposoby i narzędzia do "integracji technologii", w celu ułatwienia opisu urządzeń. Sposoby te ukierunkowane są na specyfikę danej stacji poprzez mechanizm integracji urządzeń.

W automatyce procesowej, ze względów historycznych, preferowane są pliki GSD, ale stosowanie mechanizmu FDT ciągle wzrasta. Zależnie jednak od wymagań wykorzystuje się typ EDD lub FDT (patrz rys. 30).

Metody opisu urządzeń:

**Parametry komunikacji** stacji PROFIBUS opisane są poprzez listę parametrów komunikacyjnych (**GSD**) w formacie danych; GSD jest bardzo wygodny dla prostych aplikacji. Tworzy go producent

urządzenia i jest dołączany wraz z nim do przesyłki.

**Parametry aplikacyjne** stacji PROFIBUS (charakterystyka urządzenia) opisana jest za pomocą uniwersalnego języka **Electronic Device Description Language (EDDL)**. Plik (**EDD**) tworzony jest również przez producenta. Interpreter EDD jest bardzo wygodny dla aplikacji o średnim stopniu skomplikowania.

Dla **aplikacji kompleksowych** jednym z rozwiązań jest mapowanie wszystkich specyficznych dla danego urządzenia funkcji, włączając w to interfejs użytkownika dla parametryzacji, diagnostyki, itp. jako **software component** w **Device Type Manager (DTM)**. DTM jest "driver'em" urządzenia w przeciwieństwie do standardu interfejsu FDT, który implementowany jest w narzędziu inżynierskim w systemie konfiguracyjnym.

### 7.1 GSD

GSD jest to plik tekstowy ASCII, który zawiera ogólną specyfikację komunikacji oraz określoną dla danej stacji. Każde pole zawiera opis cech i właściwości obsługiwanych przez stację. Poprzez odpowiednie słowa kluczowe, narzędzie konfiguracyjne odczytuje identyfikator stacji, parametry, odpowiedni typ danych i dopuszczalne limity wartości dla stacji, do której odnosi się dany plik GSD. Niektóre słowa kluczowe są **obligatoryjne**, np. **Vendor\_Name** (nazwa producenta). Inne natomiast są **opcjonalne**, np. **Sync\_Mode\_supported** (obsługa tryby pracy synchronicznej wyjść).

GSD zastąpił poprzedni standardowy opis techniczny i zapewniał automatyczną kontrolę błędów i spójność danych, nawet w czasie konfiguracji.

### Struktura pliku GSD

Plik GSD podzielony jest na trzy części:

#### Specyfikacja ogólna

Ta część zawiera informacje o producencie i nazwę urządzenia, wersję sprzętową i programową, jak również obsługiwane prędkości transmisji, możliwe czasy monitoringu i sygnały podpięte do wtyczki sieciowej.

#### Specyfikacja Master

Część ta zawiera wszystkie parametry związane ze stacją Master, takie jak maksymalna liczba obsługiwanych stacji Slave lub opcja upload / download. Ta część nie jest dostępna dla stacji Slave.

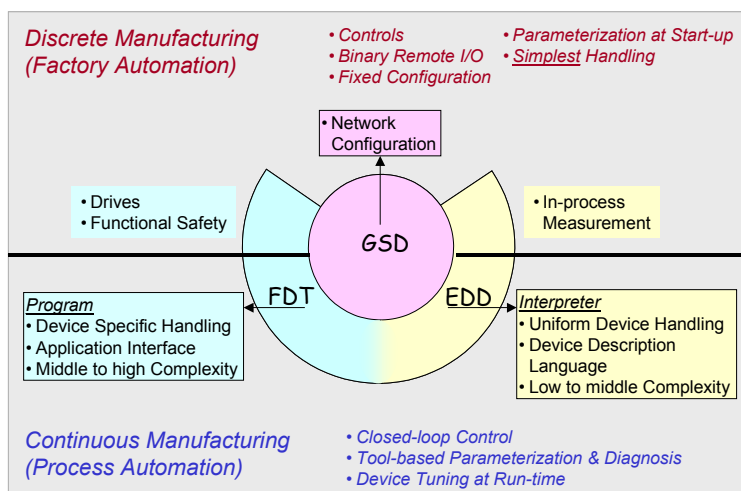
#### Specyfikacja Slave

W tej części zawarto informacje odnoszące się do stacji Slave, takie jak numer i typ kanałów I/O, specyfikacja tekstów diagnostyki i informacje dla danego modułu w stacjach modułowych.

Istnieje również możliwość zintegrowanie bitmapy symbolizującej dane urządzenie. Format pliku GSD jest bardzo elastyczny. Zawiera on listę parametrów, takich jak prędkość transmisji obsługiwane przez stację, jak również opis czy stacja jest modułowa. Możemy dołączać również tekst diagnostyczny.

Plik GSD generalnie odnosi się do dwóch typów stacji:

- GSD dla stacji kompaktowych, które posiadają sztywną i określoną konfigurację. Tego typu plik GSD może całkowicie stworzyć producent danego urządzenia.
- GSD dla stacji modułowych, dla których konfiguracja nie jest zazwyczaj znana przy dostawie urządzenia. W takim wypadku użytkownik musi stworzyć bieżącą konfigurację wykorzystując narzędzia programowe.



Rys. 30: Zintegrowane technologie w sieci PROFIBUS



Odczytując plik GSD za pomocą narzędzi konfiguracyjnych (w konfiguratorze PROFIBUS), użytkownik może zoptymalizować funkcje komunikacyjne dla urządzenia.

### Certyfikacja GSD

Producent urządzenia odpowiedzialny jest za stworzenie i jakość pliku GSD dla swojego urządzenia. Dodatkowo przez specjalne profile GSD (zawierające informacje o profilu dla danej rodziny urządzeń) lub dla indywidualnego urządzenia GSD (specyficzny dla urządzenia) stanowi podstawę do certyfikacji urządzenia.

### Pomoc PNO

Aby wspomóc producentów urządzeń na stronach internetowych organizacji PROFIBUS udostępniono specjalny edytor GSD, który ułatwia tworzenie i sprawdzanie plików GSD.

Specyfikacja formatu pliku GSD opisana jest w podręczniku PROFIBUS odnośnie plików GSD, nr zam.: 2.122.

### Nowe wersje

Funkcje komunikacyjne dla standardu PROFIBUS integrowane są również w pliku GSD przez PNO. Słowa kluczowe dla wersji DP-V1 można znaleźć w wersji 3 GSD, natomiast dla DP-V2 w wersji 4 GSD.

### ID producenta

Każda stacja Slave PROFIBUS i każda stacja Master klasy 1 musi posiadać *numer ID*. Wymagany jest on do tego aby stacja Master mogła zidentyfikować typ dołączonej stacji bez konieczności stosowania dodatkowego nagłówka. Stacja Master porównuje numer ID dołączonej stacji z numerem ID określonym w danych konfiguracyjnych. Transfer danych użytkowych nie jest uruchamiany dopóki nie zostanie stwierdzony poprawny typ stacji oraz jej adres. Zapewnia to optymalne zabezpieczenie przed błędami konfiguracji.

Numer ID dla każdego typu stacji nadaje organizacja Użytkowników Sieci PROFIBUS, która również zarządza numeracją ID. Formularz można otrzymać od regionalnego przedstawicielstwa PNO lub bezpośrednio z internetu.

### Profile ID

Specjalny zakres numerów ID zarezerwowano dla urządzeń polowych w automatyce procesowej i napędach: 9700h - 97FFh lub 3A00h - 3AFFh. Wszystkie stacje polowe odpowiadające dokładnie określonym profilom PROFIBUS PA w wersji 3.0 lub wyższej, jak i dla PROFIdrive wersji 3, mogą korzystać z numerów ID z tego specjalnego zakresu. Określenie tego typu numerów ID pozwala zwiększyć zdolność wymiany poszczególnych urządzeń. Numer ID, który ma zostać wybrany dla określonego urządzenia zależy od różnych czynników, np. w przypadku stacji PA od typu i ilości dostępnych bloków funkcyjnych. Numer ID 9760H zarezerwowany jest dla urządzenia PA, które posiada różne bloki funkcyjne (urządzenie wielofunkcyjne). Przewidziano również specjalną konwencję do oznaczania plików GSD tego typu urządzeń PA. Opisano to szczegółowo w profilu urządzeń PA.

Pierwszy numer profilu ID zarezerwowany dla PROFIdrive (3A00h) wykorzystywany jest w wersji DP-V1 przy tworzenie połączenia do kontroli, czy stacje Master i Slave wykorzystują ten sam profil. Stacje Slave, które pozytywnie potwierdzą ten identyfikator, obsługują DP-V1 kanał parametryczny opisany w profilu PROFIdrive. Wszystkie pozostałe numery profili ID służą do identyfikacji niezależnych od producentów plików GSD. Pozwala to na wymianę urządzeń różnych producentów bez konieczności ponownej konfiguracji sieci. Np. tryb VIK-NAMUR z niezależnym od producenta plikiem GSD PROFIdrive zdefiniowany jest jako komponent profilu PROFIdrive dla przemysłu chemicznego.

### 7.2 EDD

GSD nie jest wystarczający do opisu parametrów i funkcji *zorientowanych na aplikację* urządzeń polowych (np. parametry konfiguracyjne, zakresy liczbowe, jednostki, wartości domyślne, itp.). Wymaga to bardziej wydajnego języka opisu, który został rozwinięty w formie uniwersalnej aplikacji **Electronic Device Description Language (EDDL)**. Język EDDL pozwala na opis funkcji stacji polowej. Posiada on również mechanizmy wspomagające dla

- integracji istniejącego profilu w opisie urządzeń,
- odniesienia się do istniejących obiektów przez ich uzupełnienie,
- dostępu do standardowego słownika
- dołączenie opisu urządzeń.

Stosując EDDL producent urządzeń może stworzyć odpowiedni **plik EDD** dla swojej stacji, podobnie jak plik GSD, dostarczający informacje do narzędzi inżynierskich i systemu sterowania.

### Aplikacje EDD

EDD jest bardzo wszechstronnym źródłem informacji, np. dla

- inżynieringu
- uruchomienia
- pracy Runtime
- obsługi
- dokumentacji i eCommerce

### Zalety EDD

EDD posiada dużo zalet zarówno dla użytkownika, jaki i producenta.

Jednolity interfejs wspomaga użytkownika przez

- ograniczenie szkolenia
- pewność działania
- tylko jedno narzędzie dla wszystkich aplikacji
- walidację danych wejściowych

Generowanie opisu EDD jest bardzo proste i tanie co znacznie ułatwia aplikowanie i rozwój urządzeń:

- bez specyficznej wiedzy ze strony producenta urządzenia
- przez wykorzystanie istniejących EDD i bibliotek
- przez uniwersalność dla złożonych urządzeń

EDD zapewnia również zabezpieczenie inwestycji zarówno ze strony użytkownika, jak i producenta co zapewnia fakt, że EDD jest niezależne od systemu operacyjnego i prosty do rozszerzenia.

### Nowe wersje

Podobnie jak dla pliku GSD, tak i EDDL ma możliwość upgrad'u co zapewnia ciągły rozwój urządzeń w przyszłości. Obecnie trwają prace nad ujednoczeniem specyfikacji dla dynamicznej składni i opisu sprzętu stacji modułowych Slave.

Specyfikacja EDDL stanowi integralną część międzynarodowego standardu IEC 61804. Jest on włączony do opisu PROFIBUS nr 2.152.

### 7.3 Koncepcja FDT/DTM

Istniejące języki opisowe do konfiguracji i parametryzacji posiadają oczywiście pewne ograniczenia, np.:

- kompleksowe, niestandardowe charakterystyki urządzeń polowych włączając diagnostykę są bardzo wygodne dla operatora obiektu lub
- w polu "Optymalizacji" powinny być obsługiwane funkcje dla służb utrzymania ruchu.
- obsługa urządzenia powinna być "zamknięta" w oprogramowaniu (technologia zabezpieczeń, kalibracja, itp.)

Tego typu kompleksowe zadania, wymagają "dodatkowych narzędzi", które pozwolą producentowi urządzenia na zapewnienie specjalnej i rozszerzonej charakterystyki urządzenia polowego w standardowy sposób i która w tym samym czasie pozwala na integrację urządzenia w systemie sterownia poprzez standardowe interfejsy.

Rozwiązaniem dla tego typu wymagań jest koncepcja interfejsu niezależna od producenta **FDT/DTM** (patrz Rys. 31), która została rozwinięta i wprowadzona przez PNO oraz ZVEI (Centralne Stowarzyszenie dla Przemysłu Elektrycznego).

#### Interfejs FDT

Definicja uniwersalnego interfejsu zapewnia możliwość implementacji odpowiednich komponentów programowych do każdego inżynieringu lub innych platform w systemie automatyki wyposażonych w ten interfejs. Tak określono interfejs **FDT** (Field Device Tool).

FDT bieżąco występuje w wersji 1.2. Specyfikacja FDT zawarto w opisie PROFIBUS nr 2.162.

#### Opis urządzeń jako komponent programowy

Specyficzne funkcje i dialog urządzeń polowych przy parametryzacji, konfiguracji, diagnostyce i serwisie, uzupełnionych o interfejs użytkownika zostały zrealizowane w *komponentach programowych*. Komponenty te nazywane są **DTM** (Device Type Manager) i są zintegrowane w narzędziach inżynierskich lub systemie sterowania przez interfejs FDT.

DTM wykorzystuje funkcje "routing: systemu inżynierskiego do komunikacji przez poszczególne poziomy. Co więcej dane projektowe są dzielone na wersje. Pracują jak "driver" przy drukarce, gdzie instalujemy odpowiedni typ na naszym PC. DTM generowany jest przez producenta urządzenia i jest dołączany do urządzenia.

#### Generowanie DTM

Istnieje kilka opcji do wygenerowania DTM:

- Specyficzne programowanie przez języki wyższego rzędu.
- Wykorzystanie istniejących komponentów lub narzędzi przez ich zawieranie DTM.
- Wygenerowanie z istniejącego opisu urządzenia wykorzystując kompilator lub interpreter.
- Wykorzystać narzędzie DTM w postaci MS VisualBasic.

DTM pozwala na uzyskanie bezpośredniego dostępu do wszystkich stacji w celu planowania, diagnostyki i serwisu ze stacji centralnej.

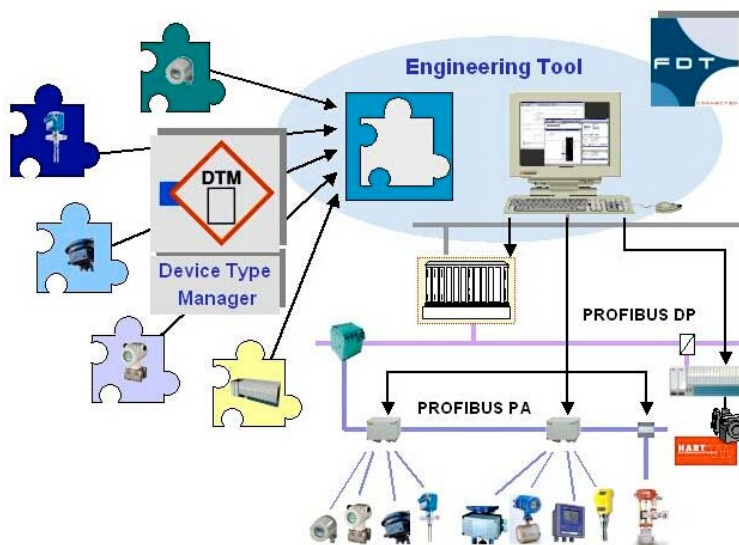
DTM nie jest niezależnym narzędziem ale komponentem ActiveX ze zdefiniowanym interfejsem.

#### Zalety użytkowe przy zastosowaniu FDT/DTM

Koncepcja FDT/DTM jest niezależna od protokołu z mapowaniem funkcji urządzeń w komponentach programowych, otwierając interesujące nowe opcje użytkowe.

Koncepcja ta zawiera opcje integracji, które są bardzo przydatne dla narzędzi inżynieringu, diagnostyki i serwisu – wywodzących się z specyficznych technologii komunikacyjnych różnych systemów sieci polowych i specyficznych systemów inżynieringu systemów automatyki.

Standard FDT zapewnia bazę do zintegrowania rozwiązań od obszaru polowego do narzędzi i metod stosowanych przez poziom zarządzania.



Rys. 31: Koncepcja FDT/DTM

## 8. Kontrola jakości

Aby urządzenia PROFIBUS różnych typów i producentów poprawnie pracowały w systemach automatyki należy zapewnić bezbłędną transmisję informacji w sieci. Wymagane jest zaimplementowanie standardowego protokołu komunikacyjnego i profili aplikacyjnych.

Aby mieć pewność, czy są spełnione te wymagania PNO ustanowiło procedurę kontroli jakości opartej na testach i następnie certyfikacji urządzeń, które pomyślnie przeszły testy.

Celem certyfikacji jest zapewnienie bezbłędnego funkcjonowania urządzeń od różnych producentów. Aby to osiągnąć urządzenie poddawane jest rygorystycznym testom w niezależnych laboratoriach. Pozwala to na wczesne wykrywanie błędnej interpretacji standardu przez producenta i zapobiega implementacji błędnie działającego urządzenia na obiekcie. Testowana jest również współpraca urządzenia z innymi urządzeniami. Po pozytywnym zaliczeniu testu producent może wystąpić o certyfikację.

Podstawą procedury certyfikacji (patrz Rys. 35) jest standard EN 45000. Organizacja PROFIBUS zorganizowała niezależne laboratoria testowe pracujące zgodnie z wspomnianym standardem. Tylko takie testy są autoryzowane i stanowią podstawą do certyfikacji urządzenia.

Procedura testu i sekwencja certyfikacji opisana jest w instrukcji nr 2.032 (DP slave), nr 2.062 (urządzenia PA) oraz nr 2.072 (DP master).

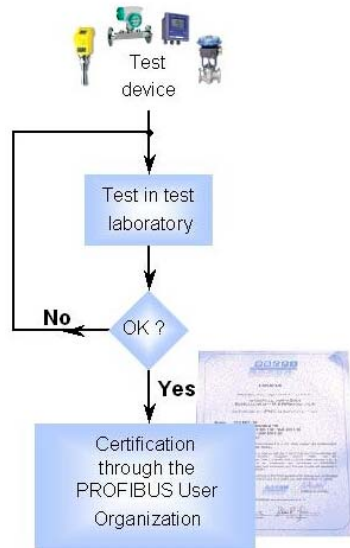
### 8.1 Procedura testu

Głównym celem testu jest nadanie numeru ID i kontrola pliku GSD, jak również EDD dla aplikowanego urządzenia.

Procedura testu, która jest taka sama dla wszystkich laboratoriów dzieli się na kilka części:

**Kontrola GSD/EDD** zapewnia, że opis urządzenia zgadza się z faktycznym opisem.

**Test Hardware** test ten pozwala na sprawdzenie elektroniki interfej-



Rys. 32: Procedura certyfikacji urządzeń

su PROFIBUS urządzenia ze specyfikacją. Obejmuje to rezystory terminujące, drivery komunikacyjne i inne moduły.

**Test Funkcjonalny** kontroluje dostęp do sieci i protokół transmisji i funkcje testowanego urządzenia. Podczas testu stosuje się procedurę czarnej-skrzynki, oznacza to że nie wymagana jest żadna wiedza o wewnętrznej strukturze urządzenia. Rejestrowana jest reakcja na test i odpowiedzi czasowe w sieci. W razie potrzeby monitoruje się reakcję wyjść urządzenia.

**Test Zgodności** stanowi zasadniczą część testu. Obiekt jest testowany pod kątem zgodności ze standardem. Szczegółowo testowane są

**Stany pracy stacji:** protokół PROFIBUS definiuje status pracy urządzenia. Testowane są wszystkie stany pracy stacji. Analizuje się bieżące zachowanie i porównuje z zadaniem, wynik wpisywany jest do protokołu.

**Zachowanie w przypadku błędu,** symulacja błędów w sieci, takich jak przerwa, zwarcie na linii i zanik zasilania.

**Adresowanie:** testowane urządzenie adresowane jest przez trzy różne adresy i kontrolowana jest poprawność pracy.

**Dane diagnostyczne:** dane diagnostyczne muszą zgadzać się z plikiem GSD i standardem. Wymagane jest zewnętrzna aktywacja danych diagnostycznych.

**Praca mieszana:** połączenie pracy stacji slave przy pracy z masterem w sieci FMS i DP.

**Test współpracy w sieci:** testowane urządzenie sprawdzane jest pod kątem pracy z innymi stacjami PROFIBUS od różnych producentów. Test wykonuje się również przy różnych stacjach Master.

Każdy kolejny krok testu jest dokumentowany i udostępniany producentowi i Organizacji PROFIBUS PNO. Raport testu jest podstawą do wydania certyfikatu.

### 8.2 Certyfikat zgodności

Po pozytywnym przejściu przez urządzenie wszystkich testów, producent może wystąpić z prośbą o certyfikat do Organizacji PROFIBUS. Każda z certyfikowanych stacji dostaje numer identyfikacyjny. Certyfikat jest ważny na okres 3 lat i może być przedłużany po przejściu odpowiednich testów.

Adresy laboratoriów testujących znajdują się na stronie internetowej organizacji PNO PROFIBUS.



## 9. Implementacja układów

Niniejszy rozdział zawiera instrukcje w jaki sposób zaimplementować protokół komunikacyjny w urządzeniach polowych.

Dla producentów urządzeń, którzy chcą zaimplementować protokół PROFIBUS, dostępnych jest cała gama komponentów i narzędzi (PROFIBUS ASICs, PROFIBUS stacks, programy uruchomieniowe i testowe), które znacznie ułatwiają proces implementacji i rozwoju urządzenia. Przegląd produktów dostępny jest w katalogu organizacji PNO PROFIBUS na stronie internetowej

[www.profibus.com/productguide.htm](http://www.profibus.com/productguide.htm).

Więcej szczegółów technicznych zawierają odpowiednie instrukcje techniczne oraz dodatkowo można zasięgnąć informacji w odpowiednim centrum technicznym PROFIBUS.

Podczas implementacji interfejsu PROFIBUS należy pamiętać o certyfikacji wszystkich urządzeń. Zastosowanie standardowych komponentów nie jest podstawą do procesu certyfikacji, gdyż nie jest to jeszcze gwarancją poprawności działania urządzenia. Nadmienić jednak trzeba, że zastosowanie standardowych komponentów znacznie ułatwia i przyspiesza proces certyfikacji.

### 9.1 Standardowe komponenty

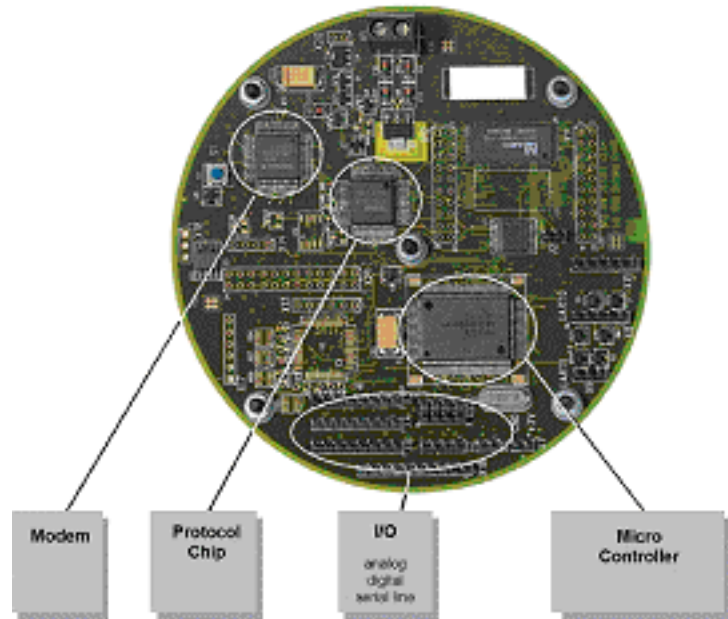
#### Moduł interfejsu

Zastosowanie gotowych modułów z interfejsem PROFIBUS stanowi idealne rozwiązanie dla małej/średniej ilości urządzeń. Moduły tego typu, o wielkości karty kredytowej, mają zaimplementowany cały protokół sieciowy. Od strony płyty głównej widziany jest on jako dodatkowy moduł.

#### Układ scalony Protocol Chips

Dla większej liczby urządzeń, zaleca się zastosowanie indywidualnego rozwiązania na bazie komponentów sieciowych PROFIBUS przy czym rozróżnia się:

- **Pojedyncze układy**, w których zintegrowano wszystkie funk-



Rys. 33: Przykład implementacji stacji slave PROFIBUS

cje protokołu i który nie wymagają zastosowania dodatkowego procesora,

- **Układy komunikacyjne**, do zastosowań w małych i średnich układach, które często wymagają zastosowania dodatkowego procesora oraz
- **Układy z protokołem** z wbudowanym mikroprocesorem.

Typ układu, który chcemy zastosować zależy od stopnia złożoności urządzenia oraz jego możliwości funkcjonalnych. Poniżej pokazano kilka przykładów.

#### Implementacja prostych stacji Slave

Implementacja pojedynczych układów ASIC idealnie nadaje się do prostych urządzeń I/O. Wszystkie funkcje protokołu są zintegrowane w danym układzie ASIC. Nie jest wymagany żaden mikroprocesor lub dodatkowe oprogramowanie. Potrzeba tylko interfejs, kwarc i zasilanie komponentów.

#### Implementacja inteligentnych stacji Slave

Implementacja tego typu stacji, a w szczególności warstwy 2 protokołu PROFIBUS zawarto w układzie, a pozostała część protokołu zaimplementowana jest jako software w mikrokontrolerze. W większości dostępnych układach ASIC dostępnych na rynku zaimplementowano część cykliczną protokołu,

odpowiedzialną za transmisję czasowo krytycznych danych.

Ten typ układów ASICs oferuje uniwersalny interfejs i mogą współpracować w połączeniu z większością mikrokontrolerów. Niektóre rozwiązania oferują połączenie mikroprocesora z zintegrowaną obsługą protokołu PROFIBUS.

#### Implementacja złożonych stacji Master

Tego typu układy implementują czasowo krytyczną część protokołu PROFIBUS w układzie scalonym, a pozostała część protokołu zaimplementowano jako software w mikrokontrolerze. Duża część układów ASIC różnych dostawców oferuje rozwiązania dla złożonych układów typu Master. Współpracują one w połączeniu z większością dostępnych na rynku mikroprocesorów.

Przegląd układów scalonych znajduje się na stronach internetowych organizacji PROFIBUS. Dodatkowe informacje należy jednak uzyskać już bezpośrednio od dostawcy.

#### PROFIBUS Stacks

Bardzo często, układy scalone i oprogramowanie protokołu (PROFIBUS stacks) pochodzą od różnych dostawców, przez co znacznie wzrasta oferta i różnorodność produktów na rynku.



---

Bazując na tym można rozwijać produkty optymalne technologicznie i atrakcyjne cenowo spełniające wymagania użytkowe. Daje to niezależność użytkownikowi przez otwartość i możliwość aplikacji przez różnych użytkowników sieci PROFIBUS, która nie jest ograniczona do danej specyfikacji i określonego produktu.

Typowo programowe rozwiązania są rzadko stosowane m.in. z powodu relacji dużych kosztów do wydajności w porównaniu z aplikacjami opartymi na zastosowaniu układów scalonych.

Na stronie Organizacji PNO można znaleźć dodatkowe informacje odnośnie PROFIBUS stacks dostępnych na rynku.

## 9.2 Implementacja interfejsów

### Technologia transmisji MBP

Stosując urządzenia polowe zasilane z sieci oparte na technologii transmisji MBP należy szczególną uwagę zwrócić na pobór mocy.

Jako regułę przyjmuje się pobór prądu 10-15 mA przez sieć dla danego urządzenia, włączając interfejs sieciowy i elektronikę pomiarową.

Dostępne są również układy scalone dla modemów. Modemy te pobierają energię dla wszystkich urządzeń z sieci MBP i udostępniają ją jako zasilanie napięciowe dla innych komponentów elektronicznych urządzenia. W tym samym czasie sygnały cyfrowe z dołączonego układu konwertowane są na sygnał sieciowy MBP modulowany na zasilaniu. Na rys. 36 pokazano typową konfigurację sieci.

Więcej szczegółów odnośnie zastosowania technologii transmisji MBP można znaleźć w opisie PNO nr zam. 2.092.

### Technologia transmisji RS485

Dla urządzeń, które nie mogą być zasilane poprzez sieć dostępny jest standard interfejsu RS485. Zwiększa to elastyczność ponieważ dane urządzenie – może być bezpośrednio dołączone do segmentu PROFIBUS DP bez żadnych urządzeń pośrednich typu coupler lub link.

Kluczowym w technologii RS485 jest niska cena interfejsu i jej duża niezawodność. Dane mogą być transmitowane z prędkością od 9.6 Kbit/s do 12 Mbit/s bez wprowadzania żadnych zmian do układu.

Rozwinięto również standard RS485 IS jako odmianę wersji RS485 do zastosowań w strefie zagrożonej wybuchem.

Moduły z interfejsem RS485 oferowane są przez różnych producentów i stosowane w licznych aplikacjach.

## 10. PROFINet

PROFINet jest nowoczesnym rozwiązaniem integrującym bieżące trendy w automatyce dla modułowych stacji z rozproszoną inteligencją. Uniwersalny sposób programowania, architektura i możliwość przejścia do innych systemów komunikacyjnych, takich jak PROFIBUS oraz OPC, całkowicie spełniają wszystkie wymagania stawiane przez systemy automatyki w zakresie:

- spójnej komunikacji z poziomu polowego do poziomu zarządzania opartego na sieci ethernet,
- narzędzi i programowania niezależnego od producenta,
- otwartości na inne systemy,
- implementacji standardu IT
- integracji poszczególnych segmentów PROFIBUS bez konieczności ich zmiany.

PROFINet dostępny jest jako *specyfikacja* oraz jako *program źródłowy* niezależnie od systemu operacyjnego. Specyfikacja opisuje wszystkie aspekty związane z siecią PROFINet: obiekty i model komponentów, komunikację runtime, koncepcję proxy oraz inżynieringu. Software PROFINet uwzględnia wszystkie możliwości komunikacyjne runtime. Taka kombinacja specyfikacji i oprogramowania w postaci kodu źródłowego pozwala w prosty i efektywny sposób na integrację PROFINet'u w różnych systemach.

### 10.1 Model inżynierski PROFINet

Niezależna od producentów koncepcja inżynieringu definiuje przyjazną dla użytkownika konfigurację systemu PROFINet. Oparto go na modelu obiektowym, który pozwala na rozwój narzędzi konfiguracyjnych, jak również specyfikacji producentów i użytkownika.

Model inżynieringu PROFINet różni *programowanie* logiki sterowania poszczególnych modułów oraz *konfigurację* całej instalacji.

Jak już wspomniano programowanie poszczególnych stacji i ich konfiguracja oraz parametryzacja przeprowadzana jest przez produ-

### Komponenty PROFINet

Podstawowym celem standardu PROFINet stanowi model obiektów aplikacji opartych na sprawdzonych i przetestowanych standardach stosowanych w automatyce. Maszyny, instalacje i ich części podzielono na moduły technologiczne, które odpowiadają strukturze mechanicznej, elektrycznej/elektronicznej i aplikacyjnej modułu. Funkcje wszystkich komponentów zawarto w standardzie PROFINet, dostępnego przez uniwersalne "interfejsy". Poszczególne komponenty można łączyć poprzez ich interfejsy wg modelu modułowego z połączeniem do aplikacji.

Jako "komponent" rozumie się zwartą jednostkę programową. W celu implementacji tego typu modelu PROFINet wykorzystuje model znany w świecie PC - Microsoft Component Object Model (COM) z rozszerzeniem dla systemów rozproszonych (DCOM). W takim wypadku wszystkie obiekty systemu są równorzędne.

Ten typ systemu rozproszonej automatyki pozwala na modularyzację obiektu i maszyn.

centa za pomocą specyficznych narzędzi. Oprogramowanie stworzone podczas programowania zwarte jest w formie komponentów PROFINet wykorzystując edytor zintegrowany w oprogramowaniu. Edytor ten generuje opis poszczególnych komponentów w formie pliku XML, których konfiguracja i zawartość zdefiniowana jest w specyfikacji PROFINet.

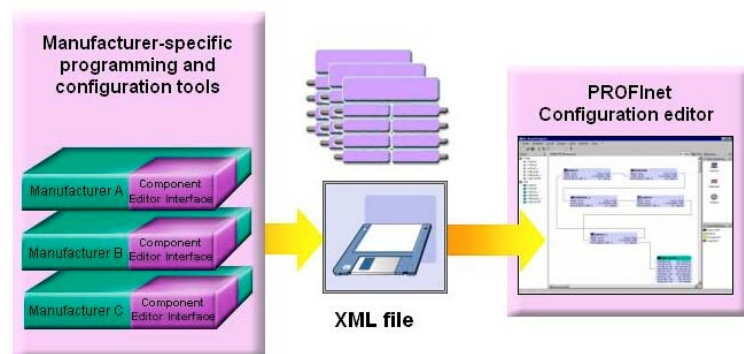
Obiekt konfigurowany jest przez wzajemne łączenie poszczególnych komponentów PROFINet w aplikacji wykorzystując edytor połączeń. W tym celu wygenerowane komponenty PROFINet przesyłane są do edytora połączeń przez import pliku XML, a wzajemne połączenia uzyskuje się za pomocą linii graficznych. W ten sposób możemy tworzyć proste rozproszone aplikacje (również połączenie urządzeń różnych producentów) oraz całe skomplikowane instalacje (patrz rys. 34). Dużą zaletą tego typu rozwiązania jest fakt, że komunikacja praktycznie nie musi być

programowana. Zamiast tego tworzy się wzajemne połączenia pomiędzy stacjami.

Informacje o połączeniach ładowane są następnie do stacji. Oznacza to, że każda ze stacji zna partnera w komunikacji oraz określone dane które należy wymieniać.

### 10.2 PROFINet Model komunikacyjny

Model komunikacyjny PROFINet definiuje niezależny standard dla komunikacji poprzez Ethernet z wykorzystaniem konwencjonalnych mechanizmów IT (runtime communications). Wykorzystuje on standard TCP/IP jak i COM/DCOM oraz inne znane standardy stosowane dla PC. Umożliwia to bezpośredni dostęp z poziomu sieci biurowej do sieci przemysłowej (integracja pionowa).



Rys. 34: Tworzenie i łączenie komponentów

PROFINet, protokół DCOM wraz z wspomnianymi standardami definiują wymianę danych pomiędzy stacjami różnych producentów poprzez sieć Ethernet. Dodatkowo dostępny jest specjalny mechanizm komunikacji przeznaczony dla aplikacji, które wymagają krytycznej czasowo komunikacji w trybie czasu rzeczywistego.

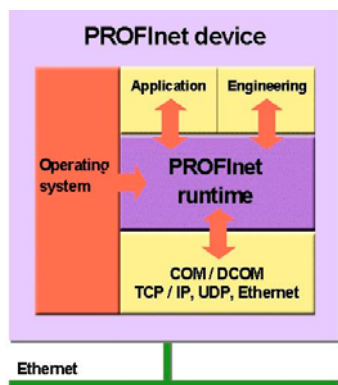
Stacje, które będą obsługiwane w sieci Ethernet wymagają zaimplementowania mechanizmów komunikacji wg standardu PROFINet (patrz rys. 35). Linki pracujące w sieci Ethernet posiadają stopień ochrony IP 20 oraz IP65/67.

### 10.3 PROFINet Model Migracji

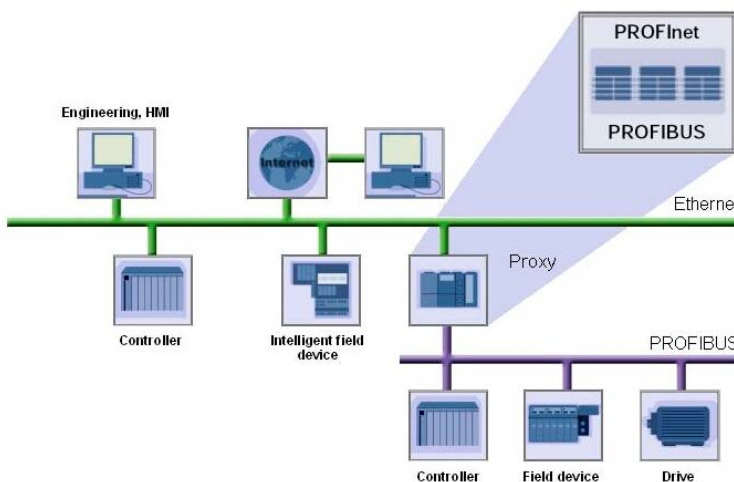
Integrację segmentów PROFIBUS w sieci PROFINet można dokonać wykorzystując moduły proxy (patrz rys. 36), łączącego wszystkie stacje w sieci PROFIBUS. Oznacza to, że kiedy chcemy rozbudować lub rozszerzyć instalację, całe spektrum urządzeń pracujących w sieci PROFIBUS, włączając produkty pracujące na bazie PROFIdrive oraz PROFIsafe dalej można stosować bez żadnych zmian, co zapewnia użytkownikowi dużą pewność inwestycji. Technologia Proxy pozwala również na integrację innych systemów sieciowych.

### 10.4 XML

Język **XML** (**EX**tensible **M**arkup **L**anguage) jest uniwersalnym opisem danych opartym na prostym



Rys. 35: Struktura stacji PROFINet



Rys. 36: Model migracji PROFINet

kodez ASCII. Dokumenty XML mogą być przesyłane pomiędzy aplikacjami w różny sposób, np. za pomocą dyskietki, poczty e-mail, sieci TCP/IP lub internetu HTTP.

XML jest ważny w automatyce m.in. do opisu parametrów w FDT, jako format importu i eksportu parametrów urządzeń polowych w różnych narzędziach inżynierskich lub jako sposób integracji pionowej (wymiana danych niezależnie od użytego systemu operacyjnego).

### 10.5 OPC oraz OPC DX

OPC jest standardowym interfejsem wprowadzonym w roku 1996 w celu dostępu do aplikacji opartych na bazie systemu Windows w automatyce. Stosowanie OPC daje dużą elastyczność, niezależność od producenta i sposób połączenia nie wymagający specjalnej znajomości programowania. OPC obecnie oparty jest na modelu Microsoft DCOM.

Od roku 2000, dane OPC oraz serwisy OPC zostały zmapowane w XML, co oznacza że dane OPC mogą być wymieniane nawet pomiędzy platformami, które nie są oparte na bazie systemu Windows przez odczyt dokumentów XML.

OPC **DX** (**D**ata **EX**change) został rozwinięty w organizacji OPC, której celem było rozwinięcie protokołu danych użytkowych dla nie krytycznych czasowo systemów automatyki lub różnych użytkowników i typów (PLC, DCS, PC).

OPC DX oparty jest na bazie istniejących specyfikacji OPC **DA** (**D**ata **A**ccess). W tym samym cza-

sie zdefiniowano interfejs dla inżynieringu, który umożliwia konfigurację dołączonych systemów. W przeciwieństwie do standardu PROFINet, OPC DX nie jest zorientowany obiektowo ale na zmienne (tag) tzn. obiekty automatyki nie istnieją jako obiekty COM ale jako nazwy (tag).

OPC DX umożliwia połączenie różnych systemów automatyki na obiekcie za pomocą sieci Ethernet. Jednakże nie jest możliwy dostęp do poziomu polowego, tak więc istniejące systemy polowe i PROFINet nie są zagrożone w żaden sposób.

## 11. PROFIBUS International

Aby zapewnić i zachować dominację systemu na rynku, rozwój technologii i niezależność od producentów utworzono w 1989 organizację użytkowników sieci Profibus - **PROFIBUS User Organization (PNO) e.V w Niemczech**. Jest to organizacja nonprofit reprezentująca producentów, użytkowników i uczelnie. PNO jest członkiem międzynarodowej **PROFIBUS International (PI)** założonej w roku 1995, reprezentującej obecnie 25 regionalnych ośrodków (**Regional PROFIBUS Associations, RPA**) oraz ponad 1,100 członków, którzy reprezentują jeden z największych rynków sieci polowych (Rys. 38).

Biura regionalne (RPA) organizuje wystawy i seminaria odnośnie nowych technologii i kierunków rozwoju na rynku.

### Zadania

Główne zadania PI stanowią:

- Obsługa i rozwój technologii PROFIBUS.
- Wdrażanie i promocja sieci polowych opartych na bazie standardu PROFIBUS.
- Ochrona inwestycji dla użytkowników i producentów urządzeń przez standaryzację.
- Reprezentacja interesów członków w komisjach i grupach standaryzujących.
- Światowa pomoc techniczna dla firm poprzez Centra Kompetencji.



- Zapewnienie stałej jakości i pewności działania poprzez certyfikację urządzeń.

### Organizacja

PI przekazała rozwój PROFIBUS do PNO Niemcy, który określa rozwój i kierunki działań. Grupy rozwojowe dzielą się na 5 Komitetów Technicznych (**Technical Committees - TC**) z ponad 35 grupami roboczymi (**Working Groups - WG**). Dodatkowo powstają inne grupy, które zajmują się specjalnymi problemami i zagadnieniami. Grupy robocze z ponad 300 ekspertami określają nowe specyfikacje i profile, dbają o jakość i standaryzację, pracują w komisjach standaryzacyjnych i promują sieć PROFIBUS. Centra techniczne PI wyjaśniają wszystkie zgłaszane problemy techniczne.

### Członkostwo

Członkostwo w PNO jest otwarte dla wszystkich firm, instytucji i uczelni, które chcą brać udział w rozwoju i wdrażaniu technologii PROFIBUS. Główny nacisk członków, którzy bardzo często reprezentują różne branże przemysłu, stanowi wymiana informacji i rozwiązań oraz zalet konkretnych rozwiązań.

### Grupy robocze

Grupy robocze z ponad 300 honorowymi członkami dbają o sukces sieci PROFIBUS na rynku. Rys. 37 pokazuje 5 Komitetów Technicznych, które reprezentują różne obszary działania. Dodatkowo mamy podział na 35 Grup roboczych pracujące nad specyficznymi technologiami.

Wszyscy członkowie mogą uczestniczyć w grupach roboczych i mogą przyczynić się do dalszego rozwoju standardu. Wyniki działań każdej z nowych grup są przekazywane również innym członkom.

### Centra kompetencyjne

PI posiada ponad 22 centra kompetencyjne, jak również 7 laboratoriów testowych dla certyfikacji urządzeń.

Centra kompetencyjne i laboratoria testowe są regularnie sprawdzane odnośnie jakości i procedur. Adresy można znaleźć na stronie internetowej PI.

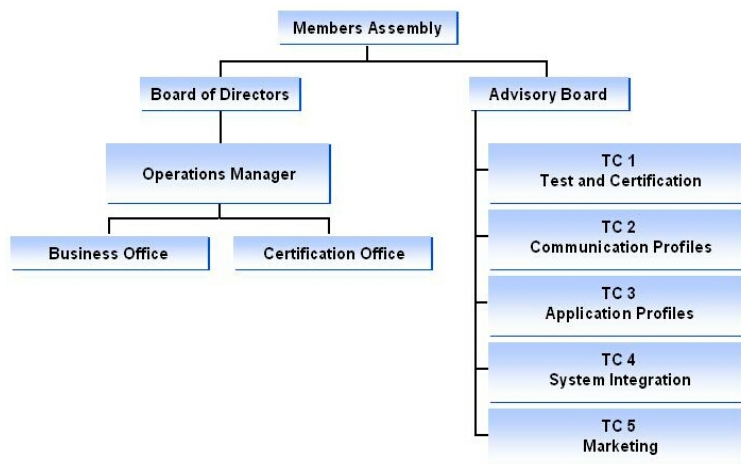
### Dokumentacje

Dodatkowo obok pomocy technicznej, PNO udostępnia bogatą dokumentację techniczną. Głównie dokumentacje te dostępne są w języku angielskim i dzielą się na:

**PROFIBUS Standard** zawierające podstawowe specyfikacje dla PROFIBUS.

**PROFIBUS Guidelines** zawierają specyfikację implementacji, procedury testowe, instalacje, opis języków oraz specyfikacje dla aplikacji takich jak PROFInet.

**PROFIBUS profiles** zawierające specyfikację profili komunikacyjnych.



Rys. 37: Struktura Organizacji PROFIBUS PNO

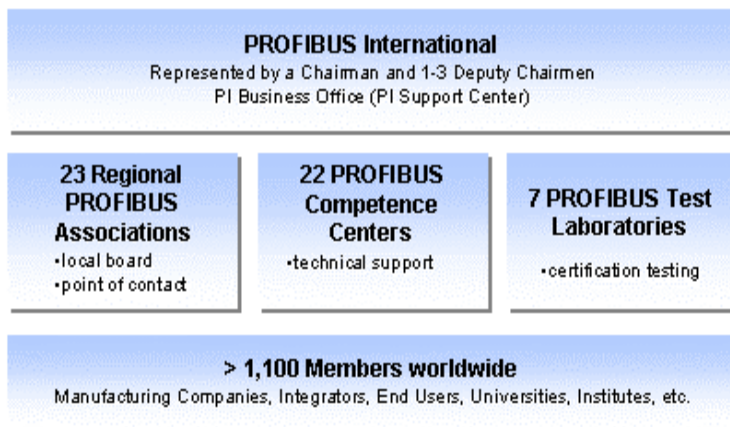


### **Materiały techniczne i katalogi**

Dla sieci PROFIBUS publikowanych jest duża ilość katalogów i informacji dla ponad 2000 produktów i serwisów oraz informacje o członkach sieci PROFIBUS.

Dokumenty te są dostępne w formie plików PDF na stronach PNO PROFIBUS. Możemy otrzymać również dokumentację na płycie CD-ROM.

Cała lista dostępnej dokumentacji znajduje się na stronach PNO PROFIBUS.



Rys. 38: Organizacja PI

---

## **PROFIBUS**

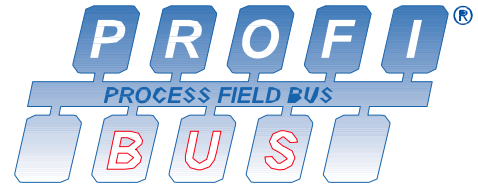
Opis systemu  
Wersja Listopad 2004  
PROFIBUS PNO Polska

### **Publikacja**

PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. PNO  
Haid-und-Neu-Str. 7  
76313 Karlsruhe  
Deutschland  
Tel.: ++49 (0) 721 / 96 58 590  
Fax: ++49 (0) 721 / 96 58 589  
germany@profibus.com

PROFIBUS PNO Polska  
poland@profibus.com  
www.profibus.org.pl  
www.pl.profibus.com

©Copyright by PROFIBUS PNO Polska. Wszystkie prawa zastrzeżone.



**Australia and New Zealand  
PROFIBUS User Group (ANZPA)**  
c/o OSitech Pty. Ltd.  
P.O. Box 315  
Kilsyth, Vic. 3137  
Phone ++61 3 9761 5599  
Fax ++61 3 9761 5525  
australia@profibus.com

**PROFIBUS Belgium**  
August Reyerslaan 80  
1030 Brussels  
Phone ++32 2 706 80 00  
Fax ++32 2 706 80 09  
belgium@profibus.com

**Associacao PROFIBUS Brazil**  
c/o Siemens Ltda IND1 AS  
R. Cel. Bento Bicudo, 111  
05069-900 Sao Paulo, SP Phone  
++55 11 3833 4958  
Fax ++55 11 3833 4183  
brazil@profibus.com

**Chinese PROFIBUS  
User Organisation**  
c/o China Ass. for Mechatronics  
Technology and Applications  
1Jiaochangkou Street  
Deshengmenwai  
100011 Beijing  
Phone ++86 10 62 02 92 18  
Fax ++86 10 62 01 78 73  
china@profibus.com

**PROFIBUS Association  
Czech Republic**  
Karlovo nam. 13  
12135 Prague 2  
Phone ++420 2 2435 76 10  
Fax ++420 2 2435 76 10  
czechrepublic@profibus.com

**PROFIBUS Denmark**  
Jydebjergvej 12A  
3230 Graested  
Phone ++45 40 78 96 36  
Fax: ++45 44 97 77 36  
denmark@profibus.com

**PROFIBUS Finland**  
c/o AEL Automaatio Kaarnatie 4  
00410 Helsinki  
Phone ++35 8 9 5307259  
Fax ++35 8 9 5307360  
finland@profibus.com

**France PROFIBUS**  
4, rue des Colonels Renard  
75017 Paris  
Phone ++33 1 45 74 63 22  
Fax ++33 1 45 74 03 33  
france@profibus.com

**PROFIBUS Nutzerorganisation**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
76131 Karlsruhe, Germany  
Phone ++49 7 21 96 58 590  
Fax ++49 7 21 96 58 589  
germany@profibus.com

**Irish PROFIBUS User Group**  
University of Limerick Automation  
Research Centre  
National Technology Park -  
Plassey  
Limerick  
Tel.: ++353 61 202 107  
Fax: ++353 61 202 5  
ireland@profibus.com

**PROFIBUS Network Italia**  
Via Branze, 38  
25123 Brescia  
Phone ++39 030 338 4030  
Fax ++39 030 396 999  
phi@profibus.com

**Japanese PROFIBUS  
Organisation**  
Takanawa Park Tower  
3-20-14 Higashi-Gotanda,  
Shinagawa-ku  
Tokyo 141-8641  
Phone: ++81 3 5423 8628  
Fax: ++81 3 5423 8734  
japan@profibus.com

**Korea PROFIBUS Association**  
#306, Sungduk Building  
1606-3, Seocho-dong, Seocho-ku  
Seoul 137-070, Korea  
Phone ++82 2 523 5143  
Fax ++82 2 523 5149  
korea@profibus.com

**PROFIBUS Nederland**  
c/o FHI  
P.O. Box 2099  
3800 CB Amersfoort  
Phone ++31 33 469 0507  
Fax ++31 33 461 6638  
netherlands@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation  
Norway**  
c/o AD Elektronikk AS  
Haugenveien 2  
1401 Ski  
Phone ++47 909 88640  
Fax ++47 904 05509  
norway@profibus.com

**PROFIBUS PNO Polska**  
ul. Konarskiego 18  
44-100 Gliwice  
Phone: ++48 32 208 41 36  
Fax: ++48 32 237 26 26  
poland@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation  
Russia**  
c/o Vera + Association  
Nikitinskaya str, 3  
105037 Moscow, Russia  
Phone ++7 0 95 742 68 28  
Fax ++7 0 95 742 68 29  
russia@profibus.com

**PROFIBUS Slovakia**  
c/o Dept. of Automation KAR FEI STU  
Slovak Technical University  
Ilkovičova 3  
812 19 Bratislava  
Phone ++421 2 6029 1411  
Fax ++421 2 6542 9051  
slovakia@profibus.com

**PROFIBUS Association  
South East Asia**  
60 MacPherson Road, 4th Floor  
Singapore 348615  
Tel: ++65 6490 6464  
Fax: ++65 6490 6465  
southeastasia@profibus.com

**PROFIBUS User Organisation  
Southern Africa**  
5 Commerce Crescent West, Eastgate  
Ext. 13  
Sandton 2146  
Phone: ++27 11 262 8000  
Fax ++27 11 262 8062  
southernafrica@profibus.com

**PROFIBUS i Sverige**  
Kommandörsgatan 3  
28135 Hässleholm  
Phone ++46 4 51 49 460  
Fax ++46 4 51 89 833  
sweden@profibus.com

**PROFIBUS Schweiz**  
Kreuzfeldweg 9  
4562 Biberist  
Phone ++41 32 672 03 25  
Fax ++41 32 672 03 26  
switzerland@profibus.com

**PROFIBUS Thai Association**  
Charn Issara Tower II, 31st Floor  
2922/283 New Petchburi Road  
10310 Bangkok, Huaykwang, Bangkok  
Phone: ++66 2 715 4570  
Fax: ++66 2 715 4841  
thailand@profibus.com

**The PROFIBUS Group U.K.**  
20 Glenney Close, Lee on the Solent  
Hampshire PO13 8FD Phone: ++44  
845 4563203  
Fax: ++44 845 4563203  
uk@profibus.com

**PROFIBUS Trade Organization, PTO**  
16101 N. 82nd Street, Suite 3B  
Scottsdale, AZ 85260 USA Phone ++1  
480 483 2456  
Fax ++1 480 483 7202  
usa@profibus.com

**PROFIBUS International  
Support Center**  
Haid-und-Neu-Straße 7  
D-76131 Karlsruhe  
Phone ++49 721 96 58 590  
Fax ++49 721 96 58 589  
Email: info@profibus.com  
www.profibus.com

© Copyright by PNO 11/02  
all rights reserved