

PROFIBUS

Profile komunikacyjne

Nowe rozwiązania



Sieć PROFIBUS od momentu swojego powstania ciągle się rozwija i stwarza nowe możliwości funkcjonalne w systemach sieciowych. Do niedawna nie było jeszcze możliwe zaimplementowanie pewnych rozwiązań, m.in. systemów do zabezpieczeń, redundancji czy sterowania napędami i synchronizacji w sieci. Obecnie tego typu komunikacja jest już czymś powszechnym, ale może nie zawsze zdajemy sobie sprawę, jakie mechanizmy i protokoły – czy tzw. profile stosuje się w tego typu rozwiązaniach.

Architektura protokołu Profibus opiera się na modelu OSI (*Open Systems Interconnection*) wg normy ISO (*International Standard Organisation*).

Sieć Profibus wykorzystuje w modelu ISO/OSI tylko trzy warstwy. Są to odpowiednio warstwa fizyczna (warstwa 1), warstwa danych (warstwa 2) i warstwa aplikacji (warstwa 7). Warstwy od trzeciej do szóstej są nie wykorzystywane.

Warstwa fizyczna definiuje medium transmisji, kodowanie i prędkość

Na przełomie lat w technologii transmisji nastąpił wyraźny postęp. I tak mamy do dyspozycji obok nadal najbardziej popularnej transmisji w technologii RS485, opartej na ekranowanym kablu dwużyłowym nową technologię RS485-IS. Jako medium przy transmisji RS485-IS wykorzystuje się czterożyłowy kabel, z dopuszczeniami do stref zagrożonych wybuchem Ex.

Kolejny sposób transmisji to technologia MBP (*Manchester Coded, Bus Powered*).

Technologia ta najczęściej wykorzystywana jest w automatyce procesowej (chemia, petrochemia) i zasadniczo łączy w sobie dwie podstawowe cechy:

- kodowane typu Manchester oraz
- zasilanie sieciowe.

Prędkość transmisji w tej technologii wynosi 31,25 kbit/s.

Obok medium typowo elektrycznego (kable miedziane) stosuje się technologię światłowodową. Ten tryb transmisji stosowany jest w trudnych warunkach, silnych zakłóceniach elektromagnetycznych lub w przypadku, kiedy wymagana jest dość duża odległość transmisji pomiędzy stacjami. Wyróżnia się tutaj światłowody szklane i plastikowe.

Dalej wykorzystuje się w sieci Profibus warstwę drugą – warstwę danych – które opisuje protokół dostępu do sieci, czyli podaje w jaki sposób i kiedy dana stacja może nadawać oraz dodatkowo określa sposób zabezpieczenie transmitowanych danych. W sieci Profibus warstwa druga oznaczana jest jako FDL (*Fieldbus Data Link*) i zaliczana jest do tzw. połączeń deterministycznych

(real time). Warstwa druga w sieci Profibus pracuje w mechanizmie master-slave (stacja nadrzędna generuje zapytanie, stacja podrzędna oczekuje i odpowiada). Dodatkowo pomiędzy stacjami typu master obowiązuje procedura dostępu (token passing), która koordynuje dostęp kilku stacji do sieci.

Ostatnia, siódma warstwa – warstwa aplikacji – stanowi interfejs z programem użytkownika. Tak, więc aby była możliwa komunikacja aplikacji użytkownika z urządzeniem pracującym w sieci wprowadzono w ramach danego protokołu (np. PROFIBUS DP) odpowiednie profile aplikacyjne, czyli sposoby kodowania danych w ramach danego typu protokołu.

Profile używane pomiędzy stacjami w sieci PROFIBUS można podzielić generalnie na trzy typy ogólne, specyficzne oraz systemowe. W artykule bardziej szczegółowo opisano dwa pierwsze.

Ogólne profile aplikacyjne definiują funkcje i sposób działania różnych aplikacji i stacji w ramach danego protokołu. Mogą być one również używane wraz ze *specjalnymi profilami aplikacyjnymi*. Do ogólnych profili należą m.in. PROFIsafe, HART na sieci Profibus, Time Stamp, Redundancja stacji Slave.

PROFIsafe

Do niedawna obiektowe sieci przemysłowe nie pozwalały na obsługę bezpośrednią procesów związanych z bezpieczeństwem. Zabezpieczenia realizowano w „tradycyjny” sposób lub wykorzystywano bardzo specy-

Tab. 1. Technologie transmisji – warstwa fizyczna w sieci Profibus

	MBP	RS485	RS485-IS	Światłowod
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 Kbit/s do 12 Mbit/s	9,6 Kbit/s do 1,5 Mbit/s	9,6 Kbit/s do 12 Mbit/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, kabel dwużyłowy, miedziany	Ekranowany, kabel dwużyłowy, miedziany	Ekranowany, kabel czterożyłowy, miedziany	Światłowod wielo- lub jednomodowy, szklany, PCF
Topologia	Linia lub drzewo; zakończenie terminatorem.	Linia; zakończenie terminatorem.	Linia; zakończenie terminatorem.	Gwiazda, linia lub pierścień
Ilość stacji	Do 32 w segmencie; łącznie w sieci do 126	Do 32 w segmencie bez repeatera; łącznie w sieci do 126 z repeaterem	Do 32 w segmencie; łącznie w sieci do 126 z repeaterem	Do 126 stacji w sieci
Ilość wzmacniaczy linii – repeater'ów	Maks. 4	Maks. 9	Maks. 9	Bez ograniczeń

* NRZ (Non Return to Zero) – zmiana sygnału z „0” na „1” nie odbywa się w trakcie czasu transmisji danego bitu
* HD (Hamming Distance) – dla HD=4 można rozpoznać do 3 jednocześnie przekłamanych bitów w telegramie.

ficzne sieci. Zastosowanie standardu PROFIsafe, umożliwi wykorzystania otwartej sieci PROFIBUS dodatkowo do aplikacji związanych z bezpieczeństwem i zabezpieczeniami.

PROFIsafe definiuje, w jaki sposób urządzenia obwodów zabezpieczeń – failsafe (np. wyłączniki bezpieczeństwa, kurтины świetlne, lasery, ...) komunikują się poprzez sieć PROFIBUS ze stacjami nadrzędnymi. Rozwiązanie to można stosować do KAT4 wg. EN954, AK6 lub SIL3 (*Safety Integrity Level*). Tak, więc PROFIsafe realizuje komunikację do zabezpieczeń – wykorzystując specjalny format danych użytkowych i protokół.

Zazwyczaj w procesie tworzenia specyfikacji w systemów zabezpieczeń uczestniczą 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, takich jak opóźnienia, utrata lub powtórzenie danych, zamiana poszczególnych bajtów w sekwencji, błędna adresacja i przekłamanie 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 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 osiągnięcie przez PROFIsafe klasy bezpieczeństwa do SIL 3.

PROFIsafe jest rozwiązaniem programowym, które zaimplementowane jest w urządzeniach jako dodatkowa warstwa („powyżej” warstwy 7 – rys. 1); sama sieć PROFIBUS i jej komponenty sieciowe, topologia, układy ASIC, czy protokół pozostają niezmienione.

Tak, więc urządzenia pracujące w profilu PROFIsafe można stosować wraz ze standar-

dowymi stacjami bez żadnych ograniczeń, na tym samym kablu.

PROFIsafe wykorzystuje komunikację acykliczną i może być używany w technologii RS485, światłowodowej oraz MBP (*Manchester Coded, Bus Powered*).

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

PROFIsafe jest otwartym profilem, coraz częściej stosowanym w różnych środowiskach. Szczegóły można znaleźć w opisie technicznym „PROFIsafe, Profile dla Technologii do zabezpieczeń” (PROFIsafe, Profile for Safety Technology”, PNO nr zam. 3.092).

HART w sieci PROFIBUS DP

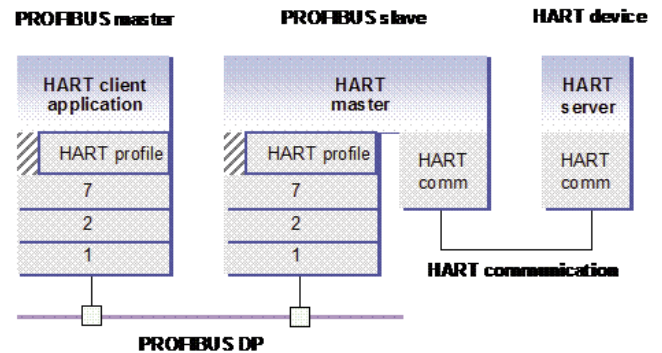
Ze względu na bardzo dużą liczbę zainstalowanych urządzeń pracujących w protokole HART, kluczowym problemem stała się możliwość integracji ich do istniejącego lub nowego systemu PROFIBUS.

Specyfikacja PROFIBUS „HART” daje rozwiązanie dla 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.

PROFIBUS „HART” 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. 2), przy czym ten ostatni pracuje jako multiplekser 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 obsługiwać kilka stacji client. Urządzenia HART można podłączyć ze



Rys. 2. Integracja urządzeń HART w sieci PROFIBUS DP

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).

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.

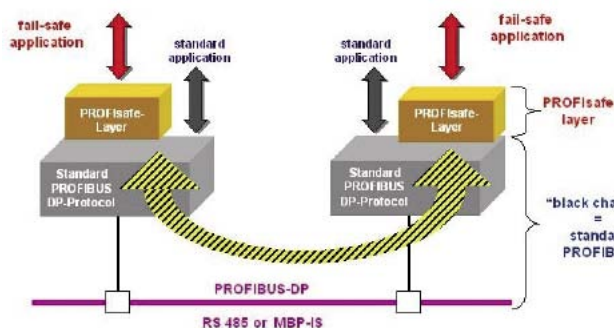
W tym celu w sieci PROFIBUS zaimplementowano profil *stempla czasowego – time stamp*. Warunkiem jest ustawianie zegara w stacji slave przez zegar ze stacji master poprzez usługę MS3. W ten sposób dla danego zdarzenia można precyzyjnie określić czas, a następnie czytać dane. Założono mechanizm gradacji komunikatów. Komunikaty określono jako „Alerts” i podzielono na „alarmy” o wysokim priorytecie (transmisja komunikatów diagnostycznych) oraz zdarzenia (event) o niskim priorytecie. W obu przypadkach stacja master odczytuje acyklicznie (używając usługę MS1) wartość procesową ze znacznikiem czasowym oraz komunikaty alarmów i bufor zdarzeń stacji polowych (patrz rys. 3). Więcej informacji nt. można znaleźć w dokumentacji, PROFIBUS PNO „Time Stamp”, nr zam. 2.192.

Redundancja stacji Slave – Slave Redundancy

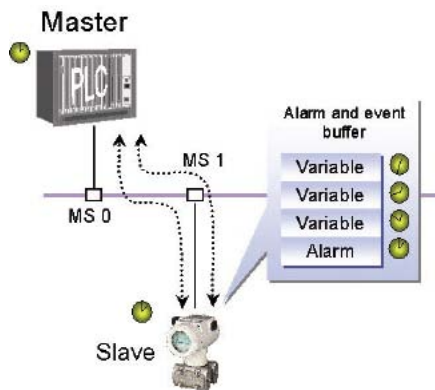
Mechanizm *slave-redundancy* charakteryzuje się następującymi cechami (patrz rys. 4):

- stacja slave posiada dwa różne interfejsy PROFIBUS, które nazywane są *primary* (podstawowy) oraz *backup* (rezerwowy). Może to być zarówno w pojedynczej stacji, jak i w dwóch odrębnych urządzeniach.
- urządzenie wyposażone jest w dwa niezależne stopy komunikacyjne ze specjalnym rozszerzeniem *redundantnym – redundancy expansion*.

Komunikacja redundantna (RedCom) uruchamiana jest pomiędzy stosami komunikacyjnymi wewnątrz danej stacji lub po-



Rys. 1. Tryb pracy Fail-safe z profilem PROFIsafe



Rys. 3. Stempel czasowy i komunikat alarmu

między urządzeniami i jest ona niezależna od sieci PROFIBUS, a jej szybkość określona jest przez parametr czas przełączenia (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 slave przejmuje jej działanie i to zarówno w przypadku, gdy wykryje ona sama awarię stacji podstawowej lub dostanie takie zgłoszenie od stacji master. Dodatkowo stacja master monitoruje wszystkie stacje slaves i wysyła ramkę diagnostyczną w momencie, gdy stacja ulegnie awarii.

Redundancja stacji PROFIBUS slave pozwala osiągnąć dużą niezawodność, krótki czas przełączenia, ciągłość danych. Szczegóły tego profilu można znaleźć w opisie technicznym PROFIBUS „Specification Slave Redundancy”, nr zam. PNO 2.212.

Specyficzne Profile aplikacyjne

PROFIDrive różni się od innych systemów sieciowych m.in. dużą ilością opcji aplikacyjnych. Idea PROFIBUS stworzyła nowy standard. Nie tylko rozwija specyficzne profile, które wykorzystywane są w określonych, specyficznych aplikacjach użytkowników – ale również skutecznie łączy wszystkie aspekty związane z różnymi aplikacjami poprzez standardowy, polowy system sieciowy, z jednoczesnym pełnym zachowaniem istniejących rozwiązań.

PROFIDrive

Profil PROFIDrive definiuje obsługę urządzeń i procedury dostępu do danych napędów elektrycznych po sieci PROFIBUS, począwszy od prostych przemienników częstotliwości, a skończywszy na dynamicznych serwonapędach.

Integracja napędów w automatyce zależy oczywiście 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 napędów 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 automatyki podzielony jest na kilka podprocesów i niektóre funkcje wykonywane są nie w jednostce centralnej sterownika, a w samym napędzie. PROFIBUS służy w takim wypadku jako technologiczny interfejs pomiędzy obiema stacjami oraz wymagana jest komunikacja Slave-to-slave pomiędzy poszczególnymi napędami.

Napędy do pozycjonowania – positioning drive (class 3) zawierają dodatkowo funkcje sterujące, który wykorzystywane są w aplikacjach, gdzie wymagana jest duża dokładność i precyzja. Start i parametry procesu pozycjonowania zadawane są do napędu poprzez sieć PROFIBUS.

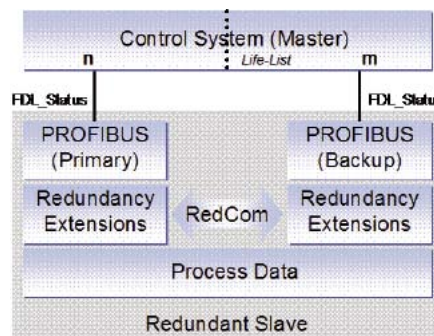
Napędy do zastosowań numerycznych – Central motion control (classes 4 and 5) pozwalają na sterowanie szeregiem napędów, które zazwyczaj są sterowane z jednostki numerycznej (CNC). PROFIBUS służy w takim wypadku do zamknięcia pętli sterowania, jak również do synchronizacji zegara (patrz rys. 5). Tego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

Inteligentna automatyka rozproszona – Distributed automation w układach sterowanych synchronicznie zegarem (**class 6**) może być stosowana do komunikacji slave-to-slave i w trybie izochronicznym. Przykładem aplikacji mogą być „sprzęgła elektryczne”, „krzywki” oraz „procesy synchroniczne”.

PROFIDrive definiuje model funkcjonalny urządzenia komunikacyjnego, który współpracuje wewnętrznie razem z systemem napędu. Modułem tym przypisano obiekty, które opisano w profilu i które zdefiniowano pod kątem ich funkcjonalności. Cała funkcjonalność napędu opisana jest poprzez jego parametry funkcjonalne.

W przeciwieństwie do innych profili, PROFIDrive definiuje tylko mechanizm dostępu do parametrów i predefiniuje około 30 parametrów profilu, które zawierają m.in. bufor błędów, ID napędu, itp.

Wszystkie inne parametry (których liczba może być większa niż 1,000 w napędzie) są określane przez producenta, dając użytkownikowi ogromne możliwości funkcjonalne. Dostęp do poszczególnych elemen-



Rys. 4. Redundancja stacji Slave w sieci PROFIBUS

tów parametrów jest acykliczny poprzez kanał parametryzacyjny DP-V1.

PROFIDrive V3 używa wersji DP-V2 jako swojego protokołu komunikacyjnego wraz z komunikacją slave-to-slave oraz trybem izochronicznym.

Profile te opisano w dokumentacji: „Profile dla napędów” – „Profiles for variable speed drives”, V2, PNO nr zam.: 3.072; „PROFIDrive Profile Drive Technology”, V3, PNO nr zam.: 3.17

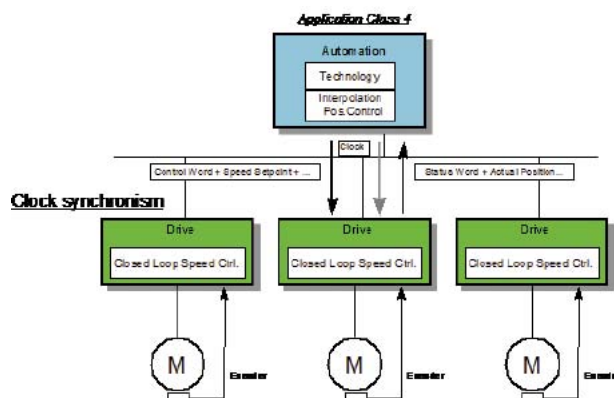
Nad rozwojem sieci PROFIBUS czuwa światowa Organizacja Użytkowników Sieci Profibus PNO International. Również w Polsce powstał oddział tej organizacji **PROFIBUS PNO Polska**, który zajmuje się rozwojem i promowaniem standardu PROFIBUS. Będąc członkiem Organizacji PNO Polska mamy dostęp do wszystkich najważniejszych dokumentacji i pomocy technicznej z zakresu sieci PROFIBUS.

Więcej informacji nt. można znaleźć również na stronach internetowych organizacji PNO International: www.profibus.org.com.

Dariusz Germanek
Organizacja Profibus PNO Polska
www.profibus.org.pl
poland@profibus.com

Literatura:

1. „Profibus Technology and Application” – PNO Internation 2002
2. „The New Rapie Way to Profibus DP” Manfred Popp
3. „Dezentralisieren mit Profibus – DP/DPV1” – J. Weigmann, G. Kilian



Rys. 5. PROFIDrive, pozycjonowanie z centralną interpolacją i pozycjonowaniem