

ADAM MARKOWSKI
LESZEK FURMANKIEWICZ
 UNIWERSYTET ZIELONOGÓRSKI
 INSTYTUT METROLOGII ELEKTRYCZNEJ

Integracja sieci przemysłowych z siecią Profibus DP

Streszczenie

Przedstawiono budowę i realizowane funkcje mostów komunikacyjnych warstwy łączenia danych modelu OSI/ISO, umożliwiających integrację sieci Profibus DP z sieciami przyrządów kontrolno - pomiarowych krajowych producentów posiadających cyfrowe wyjście komunikacyjne w innym niż Profibus DP standardzie komunikacyjnym. W zrealizowanych mostach protokół komunikacyjny Profibus DP realizowany jest przez specjalizowany układ scalony typu SPC3, zapewniający pełną zgodność wyjścia komunikacyjnego ze standardem. Przedstawiono również analizę wpływu różnic prędkości transmisji w integrowanych segmentach sieci na czas pobrania danych.

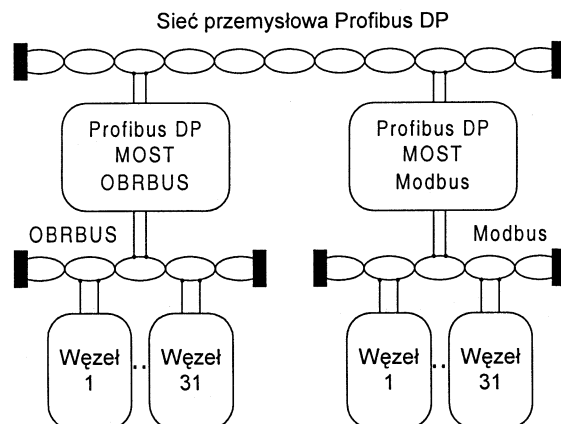
Abstract

In the paper method of intergration of devices with non-standards and Modbus standard with standard industrial network Profibus DP by means of bridge are presented. Block diagram and basic function of the bridge are described. Modbus and non-standard protocol is realized by software. Complete Profibus DP slave protocol and some Layer1/Layer2 utilities are realized by Siemens Profibus Controller SPC3.

WPROWADZENIE

Przemysłowa sieć komunikacyjna w standardzie Profibus DP wykorzystuje w warstwie fizycznej interfejs RS-485 i dedykowana jest do bardzo szybkiej, cyklicznej wymiany danych pomiędzy węzłem nadrzędnym, którym może być komputer lub sterownik PLC, a węzłami podrzędnymi takimi jak czujniki, przyrządy pomiarowe, regulatory. Niejednokrotnie istnieje potrzeba integracji istniejących urządzeń, posiadających firmowe lub zrealizowane w innym standardzie protokoły komunikacyjne [2], z siecią Profibus DP. Wielu krajowych producentów realizuje protokoły komunikacyjne oparte na interfejsie RS-485 w sposób programowy (protokół komunikacyjny jest realizowany przez mikrokontroler realizujący aplikację) co powoduje, że w urządzeniach tych istnieje teoretyczna możliwość zaimplementowania również standardu Profibus DP. Uwzględniając duże prędkości transmisji wymagane przez standard Profibus DP 12 [Mbit/s], praktyczna realizacja tego protokołu w sposób programowy jest bardzo trudna. W przypadku, gdy zachodzi potrzeba integracji z siecią Profibus DP istniejących urządzeń posiadających

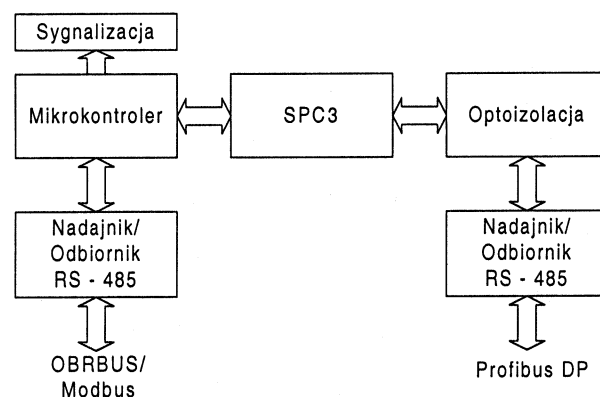
standardowy lub firmowy protokół komunikacyjny, wymagany jest most komunikacyjny warstwy łączenia danych modelu komunikacyjnego sieci [5]. Na rys. 1 przedstawiono możliwą do zrealizowania strukturę sieci przemysłowej z mostami komunikacyjnymi umożliwiającymi podłączenie do segmentu sieci Profibus DP (segmentu podstawowego) segmentów dodatkowych. Segmenty dodatkowe stanowią sieć zawierającą urządzenia firmy Metrol z protokołem komunikacyjnym OBRBUS i sieć Modbus.



Rys.1. Struktura sieci przemysłowej z mostami komunikacyjnymi

SCHEMAT BLOKOWY MOSTU

Schemat blokowy mostu komunikacyjnego przedstawiono na rys.2. Układ zrealizowano na bazie mikrokontrolera jednocukładowego, którego szeregowy port komunikacyjny podłączony jest do nadajnika i odbiornika interfejsu RS-485 obsługującego segment dodatkowy sieci.



Rys.2.Schemat blokowy mostu komunikacyjnego

Do magistrali układu mikrokontrolera podłączony jest specjalizowany układ komunikacyjny typu SPC3 (Siemens Profibus Controller) dedykowany do zastosowań w inteligentnych węzłach sieci Profibus DP. W układzie SPC3 zaimplementowane są funkcje warstwy fizycznej (z wyjątkiem analogowych nadajników i odbiorników interfejsu RS-485) i warstwy łączenia danych (z pełnym protokołem komunikacyjnym) oraz wybrane funkcje zarządzania tymi warstwami. Brakującą, w warstwie fizycznej układu SPC3, funkcję nadajnika i odbiornika interfejsu RS-485 zrealizowano przez zastosowanie zewnętrznego układu scalonego, który przez układy oddzielenia galwanicznego podłączony jest do wyjść komunikacyjnych układu SPC3. Zewnętrzne układy warstwy fizycznej umożliwiają komunikację z prędkością 12 [Mbit/s]. W urządzeniu zastosowano elementy sygnalizacyjne typu LED przeznaczone do prostej diagnostyki mostu. Przedstawiona struktura mostu komunikacyjnego umożliwia integrację sieci przemysłowej w standardzie RS-485, z programowo realizowanym protokołem komunikacyjnym, z siecią Profibus DP. W takim układzie sprzętowym zrealizowano most komunikacyjny dla przetworników pomiarowych i mierników cyfrowych firmy Metrol z firmowym protokołem komunikacyjnym OBRBUS oraz dla miernika N10 firmy Lumel z protokołem komunikacyjnym Modbus. Integralną częścią zrealizowanych mostów komunikacyjnych są pliki *.gsd opisujące właściwości tych urządzeń.

FUNKCJE MOSTU W SIECI PROFIBUS

W sieci Profibus DP most komunikacyjny jest urządzeniem typu slave umożliwiającym współpracę z urządzeniem typu master z prędkościami transmisji od 9.6 do 12000[kbit/s]. Prędkość transmisji jest automatycznie wykrywana przez układ SPC3. Most komunikacyjny może realizować następujące funkcje odwzorowania łącza dla węzła podrzędnego:

- przekazanie danych wejściowych i odczyt danych wyjściowych (Data_Exchange),
- przekazanie danych wejściowych (RD_Inp),
- przekazanie danych wyjściowych (RD_Outp),
- odczytanie informacji diagnostycznych (Slave_Diag),
- przekazanie parametrów (Set_Prm),
- przekazanie konfiguracji (Set_Cfg),
- odczytanie konfiguracji (Get_Cfg),
- przekazanie komendy synchronizującej (Global_Control),
- przypisanie węzłowi podrzédnemu adresu (Set_Slave_Add).

Podstawową funkcją mostu jest przekazywanie węzłowi nadrzédnemu sieci Profibus DP wyników przetwarzania z przyrzádów pomiarowych. Przed realizacją podstawowej funkcji most oczekuje na dane konfiguracyjne i parametry przesyłane przez węzeł nadrzédny. Dane konfiguracyjne określają długość buforów wejściowych i wyjściowych węzła. Parametry, oprócz 8 bajtów wyspecyfikowanych przez standard,

zawierają dane zdefiniowane przez użytkownika. W tym przypadku dane użytkownika dotyczą węzła nadrzédnego w segmencie dodatkowym i określają m.in. adresy urządzeń w segmencie dodatkowym, kolejność odczytywanych urządzeń, ilość rejestrów odczytywanych z urządzeń. Domyślne dane konfiguracyjne i parametry wyspecyfikowane są w plikach *.gsd mostów komunikacyjnych. W mostach zrealizowano obsługę trybów diagnostycznych Profibus DP.

FUNKCJE MOSTU W SEGMENTACH DODATKOWYCH

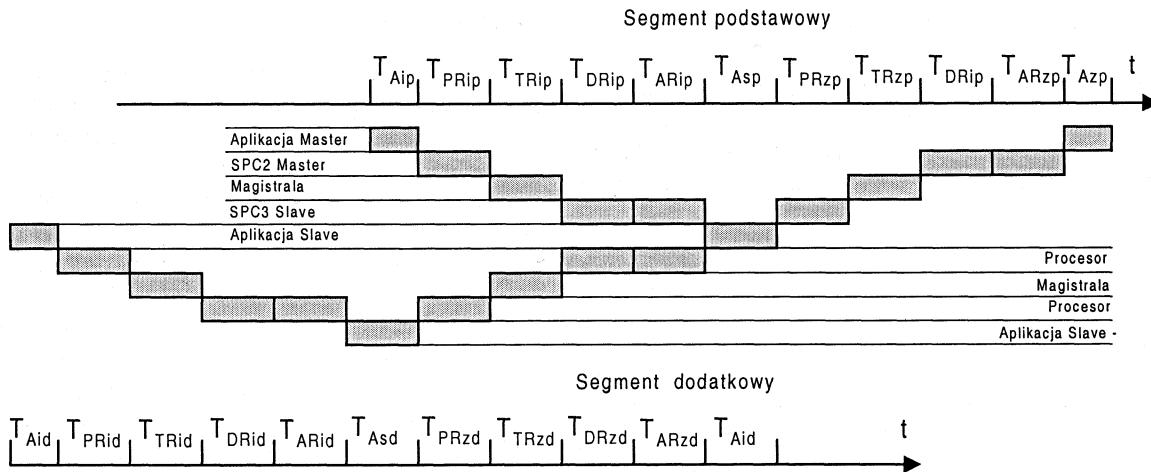
W sieci przemysłowej OBRBUS i Modbus most komunikacyjny jest urządzeniem typu master, które cyklicznie odczytuje wyniki przetwarzania z przyrzádów pomiarowych i umieszcza je w buforze danych wejściowych układu SCP3. Prędkość transmisji w sieci OBRBUS wynosi 9.6[kbit/s]. W sieci Modbus możliwe jest przesyłanie danych w trybie ASCII i RTU z prędkościami od 0.3[kbit/s] do 19.2[kbit/s]. Uwzględniając długość bufora wejściowego układu SPC3 (244 bajty) oraz dwubajtowe pole danych w protokole OBRBUS możliwe jest przekazanie do sieci Profibus DP parametrów, pochodzących z przyrzádów jednoparametrowych lub wieloparametrowych sieci OBRBUS, których łączna liczba nie przekracza 122. Most komunikacyjny zrealizowany dla sieci Modbus umożliwia współpracę z wieloparametrowymi programowalnymi przyrzádami pomiarowymi realizując następujące funkcje protokołu: 03 - odczyt wielu rejestrów, 06 - zapis pojedynczego rejestru, 17 - identyfikacja urządzenia. Uwzględniając 16-bitową długość rejestrów sieci Modbus i długość bufora komunikacyjnego układu SPC3, most komunikacyjny umożliwia przekazanie do sieci Profibus DP 122 rejestrów sieci Modbus.

TESTOWANIE MOSTU

Zrealizowane mosty komunikacyjne przetestowano w sieci Profibus DP stosując sprzęt i oprogramowanie firmy Softing. Węzłem nadrzédnym sieci była karta Profibus DP master typu PCI PROFIBoard/PROFI104. Sieć została skonfigurowana programem Profibus DP Configurator V 1.6, a aplikację stworzono z wykorzystaniem Profibus Application Program Interface V5.22.

ANALIZA CZASOWA MOSTU

Zastosowanie w sieci przemysłowej mostu komunikacyjnego warstwy drugiej wpływa na parametry czasowe wykorzystywanego systemu komunikacyjnego ponieważ obsługa dodatkowego urządzenia podłączonego do magistrali, którym jest węzeł będący mostem, wydłuża cykl magistrali o wymianę kierowaną do tego węzła. Również dane zwracane w ramach wymiany kierowanej do węzła będącego mostem, w zależności od programu aplikacyjnego tego węzła i parametrów segmentu dodatkowego, powstają w różnych chwilach



Rys .3. Diagramy czasowe wymiany w segmencie podstawowym i dodatkowym

czasowych. Wynika to z tego że węzeł będący mostem realizuje własny program aplikacyjny, którego celem jest pozyskiwanie danych z dodatkowego segmentu sieci przemysłowej. Wymaga to programowej realizacji

Można wyróżnić dwie podstawowe metody pozyskiwania danych przez most w segmencie dodatkowym. Pierwsza metoda to realizacja wymiany master - slave będąca rozwinięciem wymiany w segmencie podstawowym. Na zapytanie w segmencie podstawowym most realizuje zapytanie w segmencie dodatkowym. Dane w segmencie podstawowym udostępniane są dopiero w ramach następnej wymiany w tym segmencie.

Druga metoda polega na tym, że most realizuje w ramach swojego oprogramowania cykliczne odpytywanie urządzenia slave i w ramach wymiany w segmencie podstawowym udostępnia dane z ostatniego, wykonanego w całości cyklu. Takie rozwiązanie zostało zastosowane w mostach komunikacyjnych dla obu wykonawców. Powstający w przypadku wykorzystania mostu warstwy drugiej system komunikacyjny składa się z segmentu podstawowego, w którym węzeł będący mostem jest urządzeniem o statusie slave, oraz segmentu dodatkowego w którym z kolei most jest urządzeniem o statusie master.

W przypadku, kiedy dane są pobierane bezpośrednio z węzłów magistrali, którymi są na przykład przetworniki pomiarowe, opóźnienia wnoszone przez poszczególne komponenty sprzętowe i programowe w ramach pojedynczej wymiany, od zgłoszenia zapotrzebowania na dane do czasu ich pobrania z przyrządu T_{pp} , można przedstawić zależnością:

$$T_{pp} = T_{Aip} + T_{PRip} + T_{TRip} + T_{DRip} + T_{ARip} + T_{Asp} \quad (1)$$

gdzie:

T_{Aip} - czas realizacji pojedynczego cyklu programu aplikacyjnego węzła master zawiązanego z wysłaniem ramki inicjującej w segmencie podstawowym,

T_{PRip} - czas przygotowania ramki inicjującej w segmencie podstawowym,

T_{TRip} - czas transmisji ramki inicjującej w segmencie podstawowym,

protokołu komunikacyjnego stosowanego w segmencie dodatkowym jak również wykonania konwersji danych do postaci stosowanej w segmencie podstawowym.

T_{DRip} - czas detekcji ramki inicjującej w segmencie podstawowym,

T_{ARip} - czas analizy ramki w inicjującej w segmencie podstawowym,

T_{Asp} - czas realizacji pojedynczego cyklu aplikacji w węźle slave związany z udostępnieniem danych.

W przypadku zastosowania mostu czas pozyskania danych się wydłuża, co wynika z realizacji protokołu w segmencie dodatkowym. W najkorzystniejszym przypadku dodatkowe opóźnienia będą wynikały tylko z czasu przesyłania ramki zwrotnej. Czas pobrania danych T_{ppd} uwzględniający opóźnienia w segmencie podstawowym jak i dodatkowym można przedstawić zależnością:

$$T_{ppd} = T_{pp} - (T_{PRzd} + T_{TRzd} + T_{DRzd} + T_{ARzd}) \quad (2)$$

Na rys. 3 przedstawiono diagramy czasowe w segmentach sieci.

Zakładając, że most realizuje cykliczne odpytania w segmencie dodatkowym i w ramach wymiany w segmencie podstawowym zwraca aktualne dane, dane te mogą być pobierane z urządzenia, w zależności od stosowanych prędkości transmisji, z wyprzedzeniem bądź opóźnieniem w stosunku do chwili czasowej, w której rozpoczyna się wymiana w segmencie podstawowym. Biorąc pod uwagę tylko prędkości transmisji w segmencie podstawowym i dodatkowym oraz ilość przesyłanych w każdej wymianie znaków można określić zależność, która pozwoli na oszacowanie czasu pobrania danych względem zgłoszenia zapotrzebowania.

$$T_{ppd} = \frac{D_p}{V_p} - \frac{D_d}{V_d} \quad (3)$$

gdzie :

D_p , D_d - długość ramki w segmencie podstawowym i dodatkowym,

V_p , V_d - prędkość transmisji w segmencie podstawowym i dodatkowym.

Prędkości transmisji i długość przesyłanych danych mają decydujący wpływ na czasy wymian w poszczególnych segmentach. Uwzględnienie pozostałych opóźnień czasowych może być przedmiotem dalszych analiz.

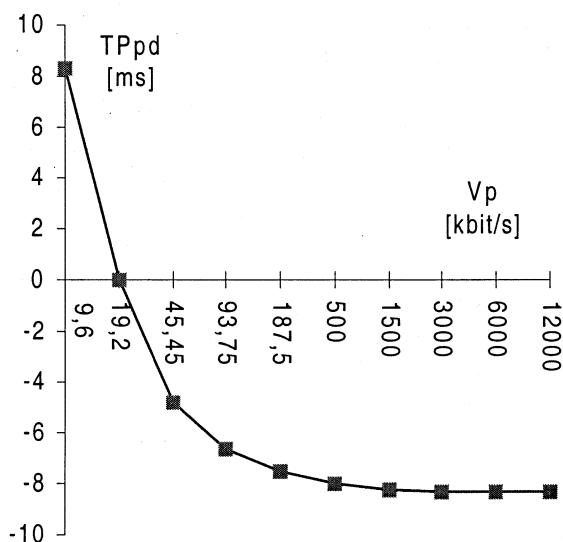
Zakładając, że prędkość transmisji w segmencie dodatkowym jest stała, natomiast istnieje możliwość zmiany prędkości transmisji w segmencie podstawowym, można przedstawić czas pobrania danych w funkcji zmian prędkości transmisji w segmencie podstawowym. W obliczeniach uwzględniono wszystkie prędkości transmisji zdefiniowane przez standard Profibus DP oraz najwyższą prędkość transmisji stosowaną w sieci Modbus. W obliczeniach założono, że przesyłanych jest po 16 bajtów danych w każdym z segmentów.

W tabeli nr 1 zamieszczono wyliczone czasy pobrania danych dla prędkości transmisji stosowanych w Profibus DP.

Tab. 1. Czasy pobrania danych w segmencie podstawowym

V_p [kbit/s]	V_d [kbit/s]	$TPpd$ [ms]
9,6	19,2	8,3
19,2	19,2	0
45,45	19,2	-4,1
93,750	19,2	-6,6
187,5	19,2	-7,5
500	19,2	-8,1
1500	19,2	-8,2
3000	19,2	-8,2
6000	19,2	-8,3
12000	19,2	-8,3

Na rys. 4 przedstawiono graficzną prezentację zamieszczonych w tabeli 1 wyników.



Rys. 4. Wpływ różnic prędkości transmisji w sieci Profibus na czas pobrania danych

PODSUMOWANIE

W artykule przedstawiono rozwiązanie mostu komunikacyjnego integrującego sieć Profibus DP z siecią przetworników pomiarowych i mierników dwóch krajowych producentów urządzeń pomiarowych i regulacyjnych. Po pewnych modyfikacjach oprogramowania i sprzętu zaproponowane rozwiązanie może być zastosowane do integracji innych urządzeń, posiadających cyfrowy port komunikacyjny, z siecią Profibus DP. Należy mieć na uwadze, że stosowanie mostów komunikacyjnych warstwy drugiej w przemysłowych systemach komunikacyjnych może prowadzić, ze względu na różnice prędkości transmisji, do przekroczenia ograniczeń czasowych nałożonych na pozyskiwanie danych.

LITERATURA

1. Fojcik M.: *Problemy integracji sieci przemysłowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria INFORMATYKA, z. 36, Gliwice, 1999, str. 499 – 516.
2. Kwiecień A., Fojcik M.: *Kryteria integracji sieci przemysłowych najniższego poziomu*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria INFORMATYKA, z. 45, Gliwice, 2001, str. 417 – 432.
3. Kwiecień A., Bigewski Z., Mrówka Z.: *Analiza czasu najgorszego przypadku w sieciach przemysłowych*. Zeszyty Naukowe Politechniki Śląskiej, seria INFORMATYKA, z. 36, Gliwice, 1999, str. 473 – 484.
4. Michta E.: *Modele komunikacyjne sieciowego systemu pomiarowo – sterującego*. Wydawnictwo Politechniki Zielonogórskiej, Zielona Góra, 2000.
5. Michta E., Markowski A., Winiarczyk S.: *Metody integracji urządzeń z firmowym protokołem komunikacyjnym ze standardowymi sieciami przemysłowymi*. Materiały konferencyjne Metrologia Wspomagana Komputerowo, Rynia k. Warszawy 1999, T.2 str. 117 – 122.
6. Sacha K.: *Sieci miejscowe PROFIBUS*. Mikom, Warszawa 1998.

Artykuł recenzowany.