

440

BE 10

Zespół Układów i Systemów Sterowania

Nazwa ONB/ZNB

Główny wykonawca

dr inż. Andrzej Syrczyński

Wykonawcy:

dr inż. Andrzej Syrczyński

dr inż. Wiesław Stańczak

mgr inż. Marek Partyka

**Funkcje komunikacyjne zgodne z 7-warstwowym  
modelem ISO/OSI w sieci PROFIBUS**

Zlecenie S 1496

Etap 1 Skompletowanie i uruchomienie sieci PROFIBUS złożonej ze  
specjalizowanych modułów sterowników PLC firmy BoschEtap 2 Opracowanie koncepcji interfejsu między komputerem PC, a kontrolerem  
sieci PROFIBUS, jego skompletowanie i uruchomienie

Etap 3 Opracowanie koncepcji interfejsu sieci MAP 3.0 i PROFIBUS

(Tytuł pracy, numer i tytuł etapu)

Zleceniodawca

Kierownik Zespołu

dr inż. A. Syrczyński

Z-ca Dyr. d/s Nauk.-Bad.

dr inż. J. Jabłkowski

Pracę zakończono dnia 31.01.1995

7205

Nr arch. ....

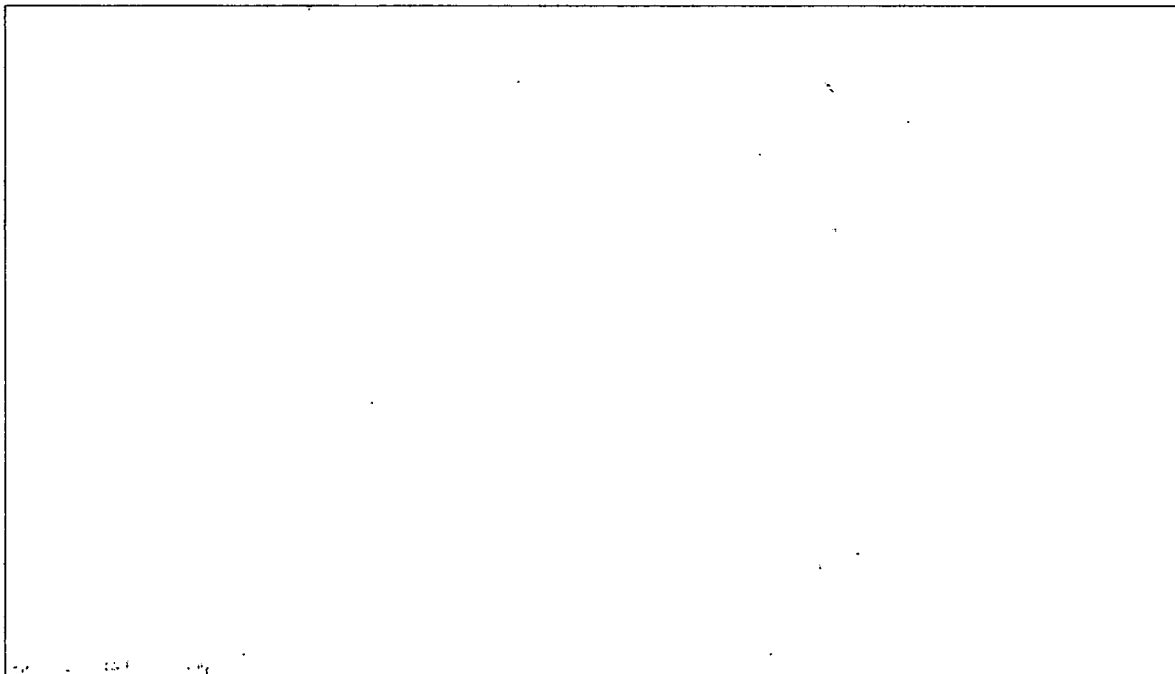
Nr zlecenia S 1496

URZĄDZENIA AUTOMATYCZNEJ REGULACJI I STEROWANIA :  
SIEĆ LOKALNA + PROFIBUS + MAP + FMS + OPROGRAMOWANIE  
+ BADANIA

**Abstrakt**

Sprawozdanie zawiera rezultaty prac badawczo-rozwojowych dotyczących realizacji funkcji komunikacyjnych zgodnych z 7-warstwowym modelem ISO/OSI w sieci miejscowej PROFIBUS. Opisano sieciowe zestawy badawcze obejmujące sterowniki programowalne PLC i komputery PC, przebieg prac uruchomieniowych i wyniki badań. Podano koncepcje interfejsu do sieci MAP oraz opisy wykorzystanych dokumentacji firmowych.

**Tytuły poprzednich sprawozdań**



**Rozdzielnik**

Egz. 1. .... BOINTE

ZSS

Egz. 2. ....

Egz. 3. ....

## Spis treści

1. Wstęp	2
2. Cel pracy	2
3. Skompletowanie i uruchomienie sieci PROFIBUS złożonej ze specjalizowanych modułów sterowników PLC firmy Bosch	3
4. Koncepcja interfejsu między komputerem PC, a kontrolerem sieci PROFIBUS, jego skompletowanie i uruchomienie	9
5. Koncepcja interfejsu programowego łączącego sieci MAP 3.0 i PROFIBUS	15
6. Dokumentacje firmowe i omówienie wybranych pozycji	21

## 1. Wstęp

Wśród wielu sieci stosowanych w przemyśle coraz większe znaczenie w ostatnim okresie odgrywa sieć PROFIBUS. Na początku lat 90. ukończono w Niemczech opracowanie tej sieci, ustanowiono normę DIN 19245 i w wielu firmach podjęto szybkie wprowadzenie urządzeń i oprogramowań sieci PROFIBUS do asortymentu środków automatyzacji. Proces ten obecnie trwa i nasila się, powstają coraz nowe produkty sieciowe PROFIBUS.

W 1987 zrodziła się inicjatywa trzech firm: Bosch, Klockner-Moeller i Siemens opracowania magistrali miejscowej PROFIBUS jako konkretnej realizacji ogólnej idei magistrali Fieldbus. Wspólny projekt badawczy był prowadzony przez pięć instytutów i trzynaście firm przemysłowych, przy udziale dotacji państwowych kierowanych poprzez Federalne Ministerstwo d/s Badań i Technologii. Dużą rolę odegrał Instytut Fraunhofera w Stuttgarcie i w Karlsruhe. Wśród wielu znanych firm uczestniczących w procesie tworzenia sieci warto wymienić poza inicjatorami także: AEG, BBC i Rheinmetall.

Magistrala PROFIBUS powstała jako odpowiedź na potrzeby przemysłu, już po uzyskaniu wielostronnych doświadczeń z sieciami standardów IEEE i MAP. Na podstawie tych doświadczeń przy opracowywaniu PROFIBUS podjęto kroki w celu znaczącego obniżenia kosztów, przez zastosowanie najtańszych mediów transmisyjnych - pary skręconej i standardu sygnałowego RS 485 oraz uproszczenia ogólnej architektury i protokołu. Z drugiej jednak strony przyjęto zasadnicze, dobrze sprawdzone mechanizmy dotychczasowych przemysłowych sieci lokalnych: deterministyczny dostęp do medium i protokół MMS w warstwie aplikacyjnej. Dzięki temu w aplikacjach przemysłowych najczęściej nie zachodzi potrzeba instalowania nadrzędnej w stosunku do PROFIBUS sieci wyższego szczebla.

PROFIBUS jest otwartym, nie firmowym, nie zastrzeżonym i znormalizowanym protokołem sieciowym, w związku z czym produkty różnych firm powinny współpracować wzajemnie ze sobą, a ponadto można opracowywać i stosować własne rozwiązania.

Norma DIN 19245 PROFIBUS Standard składa się obecnie z trzech części:

- część 1 obejmuje warstwy 1 i 2,
- część 2 obejmuje warstwę 7,
- część 3 rozszerza obszar stosowania PROFIBUS jako magistrali czujników i zadajników.

Części 1 i 2 zostały ustanowione w 1990 r, część 3 w 1993 r.

**Uwaga.** Realizacja zlecenia w stosunku do pierwotnego harmonogramu uległa przesunięciu z powodu opóźnienia poszczególnych faz realizacji dostawy urządzeń przez firmę Bosch, to jest odpowiedzi na zapytania, nadesłania oferty i faktury wstępnej, nadesłania towaru, odprawy celnej. W związku z powyższym nieaktualne stało się planowane zróżnicowanie terminów ukończenia poszczególnych etapów i niniejsze sprawozdanie obejmuje łącznie trzy etapy zlecenia.

## 2. Cel pracy

Celem pracy "Funkcje komunikacyjne zgodne z 7-warstwowym modelem ISO/OSI w sieci PROFIBUS" wykonanej w 1994 r. w ZSS było przygotowanie do realizacji Projektu

Badawczego Zamawianego PBZ-31-05 "Sieciowe systemy komunikacyjne integrujące automatyzację wytwarzania". Sieć będąca przedmiotem pracy staje się obecnie jedną z najbardziej rozpowszechnionych w przemyśle, jest stosowana i promowana przez wiele wielkich firm. W podejmowanym PBZ sieć PROFIBUS jest jednym z głównych przedmiotów zainteresowania.

Dlatego uznano za niezbędne przeprowadzenie prac o charakterze rozpoznawczym, w tym uzyskanie literatury technicznej i normalizacyjnej, zapoznanie się z nowym rozwiązaniem zarówno protokołów jak i rozwiązań sprzętowych, zdobycie informacji o oferowanych produktach. Przewidziano także zadania badawcze, obejmujące skompletowanie, uruchomienie i badania zestawów sieciowych.

Zamierzono podział pracy na trzy etapy, wydzielając trzy odrębne funkcje komunikacyjne. Pierwsza z badanych funkcji to wykorzystanie sieci PROFIBUS, a szczególnie protokołu interfejsu aplikacyjnego FMS w warstwie sterowników programowalnych PLC. Do badań przewidziano moduły sterownika CL500 firmy Bosch. Druga wyróżniona funkcja to realizacja powiązań sieciowych urządzeń automatyki i pomiarów z komputerami. Potrzebne do tego środki sprzętowe i programowe widziano w firmie Softing. Wreszcie trzecia funkcja to powiązanie sieci miejscowej PROFIBUS z nadrzędną siecią MAP. Postawiono zadanie przygotowania własnej koncepcji rozwiązania takiego interfejsu.

Warto dodać, że w toku realizowania powyżej nakreślonych zadań powstawał, na przełomie lat 1994/95, zarys koncepcji realizacyjnej PBZ. Podjęto rozważanie możliwości większego wykorzystania sieci PROFIBUS jako elementu wiążącego różnorodne zestawy badawcze.

### **3. Skompletowanie i uruchomienie sieci PROFIBUS złożonej ze specjalizowanych modułów sterowników PLC firmy Bosch**

W etapie 1 zlecenia, pt. "Skompletowanie i uruchomienie sieci PROFIBUS złożonej ze specjalizowanych modułów sterowników PLC firmy Bosch" dokonano wyboru składników, zrealizowano ich zakup, a następnie zestawiono i uruchomiono segment sieci. Był on złożony z modułów typu R500P zainstalowanych w kasecie sterownika PLC firmy Bosch. W jednostce centralnej sterownika, typu ZS 500, zaimplementowano firmowe oprogramowanie: PROFIBUS Standard Schnittstellen. Po uruchomieniu zestawu przeprowadzono badania wybranych usług sieciowych protokołu PROFIBUS, korzystając dodatkowo z zainstalowanych w sterownikach pakietów wejść/wyjść do wprowadzania i wyprowadzania sygnałów dwustanowych, a także z firmowego oprogramowania testującego. Przeprowadzono również badania transmisji sygnałów, zmieniając zadaną prędkość transmisji, rodzaje kabli i długość elektrycznego medium transmisyjnego. Ważnym elementem wykonanej pracy było zapoznanie się z urządzeniami i oprogramowaniem firmy Bosch, realizującymi komunikację sieciową.

#### **3.1. Moduł interfejsowy R500P**

Moduł interfejsowy typu R500P służy do powiązania sterownika programowalnego CL500 z innymi stacjami sieci PROFIBUS, zarówno produkcji firmy Bosch, jak i innych producentów. Warunkiem współpracy jest zgodność z normą DIN 19245. W module jako

procesor główny pracuje mikroprocesor 16-bitowy typu 80C186. Natomiast kanał PROFIBUS jest bezpośrednio obsługiwany przez dodatkową płytkę (nakładkę) o wymiarach 100 x 160 mm, z mikroprocesorem V25 firmy NEC. Znajduje się tam także przetwornica DC/DC i układy galwanicznego oddzielenia sieci PROFIBUS. Na płycie czołowej modułu są zainstalowane złącza dwóch interfejsów:

- złącze szufladowe, 9-stykowe interfejsu RS 485 (wg standardu EIA) sieci PROFIBUS, (kanał 1),
- złącze szufladowe, 25-stykowe kombinowanego interfejsu V.24/20 mA wg VDI 2880, (kanał 0).

Oba kanały mogą pracować jednocześnie. Interfejs szeregowy V.24/20 mA pozwala na dołączanie dowolnego urządzenia peryferyjnego, np. drukarki, wyświetlacza itp. Można także połączyć tym interfejsem dwa sterowniki PLC. Ponadto moduł jest wyposażony na płycie czołowej w sygnalizację świetlną stanu dostępu do magistrali "Token", przycisk zerowania RESET i wskaźniki 7-segmentowe kodu błędów każdego kanału. W sterowniku CL500 można zainstalować do 5 modułów R500P.

### 3.2. Magistrala PROFIBUS

Moduł R500P współpracuje z podstawową wersją medium PROFIBUS, wykonaną z pary skręconej, ekranowanej. Dopuszczone jest pięć prędkości transmisji i długość pojedynczego segmentu jest powiązana z prędkością, jak zestawiono w tabl. 1.

Tabl. 1. Parametry segmentów magistrali PROFIBUS

Prędkość transmisji [kBaud]	Max. długość segmentu bez powtarzaczy [ m ]	Max. długość z powtarzaczami [ m ]
9,6/19,2/93,75	1 200	4 800
187,5	600	2 400
500	200	800

Do każdego segmentu można dołączyć do 31 stacji użytkowych plus jeden powtarzacz. Maksymalna liczba segmentów może wynosić 4, będą one wtedy połączone trzema powtarzaczami dwukierunkowymi. W sumie zatem do sieci o maksymalnej konfiguracji może być dołączone  $31 + 30 + 30 + 31 = 122$  stacje użytkowe.

Moduły R500P są dołączane do kabla sieci PROFIBUS za pomocą rozgałęziacza, tzw. T-connectora. Posiada on złącza 9-stykowe: jedno do modułu, dwa do segmentów kabla, wchodzącego i wychodzącego. Ostatnia stacja w segmencie sieci nie stosuje T-connectora, musi natomiast posiadać terminator. W module R500P jest wewnętrzny terminator, z wyłącznikiem na płycie czołowej.

### 3.3. Nastawy na module R500P

Na płycie modułu R500P znajdują się mikroprzełączniki, służące do nastawiania następujących parametrów:

- adres blokowy modułu w sterowniku CL500,
- adres użytkownika w sieci PROFIBUS,
- prędkość transmisji po magistrali PROFIBUS,
- prędkość transmisji interfejsu szeregowego
- format transmisji interfejsu szeregowego.

Adres użytkownika PROFIBUS zadaje się jako liczbę dwójkową w przedziale 1...126. Kod 0 jest rezerwowany dla konfiguratora. Prędkości transmisji interfejsu szeregowego można wybierać spośród typowych wartości od 110 do 19200 baud. Długość linii interfejsu szeregowego może sięgać 300 m, z wyjątkiem prędkości 19200 baud, kiedy to długość jest ograniczona do 100 m w wersji V.24 i do 150 m w wersji 20 mA.

### 3.4. Protokół PROFIBUS w module R500P

W dokumentacjach firmy Bosch wielokrotnie znajduje się stwierdzenie o pełnej zgodności produktów PROFIBUS tej firmy, sprzętowych i programowych, z normą DIN 19245. W ramach projektu badawczego zamawianego PBZ-05-31 zostaną przeprowadzone odpowiednie badania kompatybilności produktów różnych firm.

Protokół PROFIBUS stosuje warstwy 1,2,7 modelu odniesienia ISO/OSI i realizuje bogaty asortyment usług FMS (odpowiednika protokołu MMS). Z pełnego asortymentu usług moduł R500P podtrzymuje usługi niskiego priorytetu wg normy podane w tabl. 2.

Tabl. 2. Usługi FMS podtrzymywane przez moduł R500P

Jako klient i serwer	Tylko jako serwer
Initiate, Abort, Status, Identify, Read, Write, Get-OV, FMA7 event	Reject, FMA7 initiate, FMA7 abort i 8 usług grupy Rem (oddalone)

Organizacja aplikacji modelu komunikacji PROFIBUS w sterowniku CL500 odbywa się przy następujących generalnych założeniach:

1. zadanie wydane przez program sterownika odpowiada wg normy działaniu klienta i w module R500P będzie zadaniem centralnym,
2. zadanie otrzymane od stacji oddalonej (partnera komunikacyjnego) odpowiada wg normy działaniu serwera i w module R500P będzie zadaniem peryferyjnym.

Interfejs programowy sterownika CL500 umożliwia dostęp do sieci PROFIBUS za pomocą 4 bloków funkcjonalnych: R5INIT, R5REQ, R5CON, R5IND.

Blok funkcjonalny inicjalizacji **R5INIT** tworzy tabele w module jednostki centralnej sterownika i w module R500P, jak również przenosi między tymi modułami bloki informacji transmitowanej po sieci. Blok ten nie jest potrzebny przy pracy w modzie tylko serwer.

Blok funkcjonalny żądania **R5REQ** jest wywoływany celem rozpoczęcia z programu sterownika jednego lub kilku zadań centralnych. Blok zarządza realizacją zadania, przekazuje parametry do modułu R500P oraz powiadamia warstwę użytkownika o pomyślnym przekazaniu zadania do modułu R500P, lub o błędach realizacji. Interfejs programowy umożliwia prowadzenie równolegle do 16 zadań, odrębnie numerowanych.

Blok funkcjonalny potwierdzenia **R5CON** jest używany do monitorowania zadań centralnych. Blok powiadamia warstwę użytkownika o biegu zadania i o jego zakończeniu. Funkcje te są realizowane przez pobieranie słów statusu i błędów z tabeli zadania i przenoszenie ich do adresów parametrów programu sterownika, wskazanych przez użytkownika.

Blok funkcjonalny wskazań **R5IND** pomaga użytkownikowi rozpoznawać oddalone (peryferyjne) zadania i zdarzenia. Moduł R500P wykonuje samodzielnie i automatycznie zadania oddalone, które zostały zainicjowane przez stację oddaloną, bez angażowania własnej jednostki centralnej sterownika i bloku funkcjonalnego interfejsu programowego. Dlatego w programie sterownika nie ma informacji o wymianach informacji inicjowanych przez stację oddaloną. Moduł wskazań może obsługiwać 4 urządzenia i posiada 4 buforów, każdy na 64 słowa, w których są zapisywane wykonywane usługi i zdarzenia

### 3.6. Układ do badań

Układ do badań składał się z kasety sterownika CL500 z następującą obsadą modułów:

- zasilacz NT2,
- moduł jednostki centralnej ZS500, z płytą pamięci RAM 64 k,
- moduł wejść dwustanowych E24V-,
- moduł wyjść dwustanowych A24/0,5-e,
- dwa moduły interfejsu PROFIBUS typu R500P.

Badana relacja sieci PROFIBUS łączyła dwa moduły R500P tego samego sterownika. Wykonywane testy i badania były inicjowane dla obu kierunków z tego samego modułu jednostki centralnej, ale mogły symulować działanie dwóch stacji dzięki wykorzystaniu dużego stopnia autonomii modułów i interfejsu programowego. Do modułów wejść i wyjść dwustanowych dołączono symulator we/wy, w celu wprowadzanie i wyprowadzanie sygnałów dwustanowych.

Ważnym narzędziem programowym pozwalającym na efektywne przeprowadzenie badań w w/w konfiguracji sprzętowej był monitor zadań "PROFIBUS Job Log". Przy uruchomieniu tej opcji uruchomieniowej oprogramowania PROFIBUS kanał 0 interfejsu V.24/20mA jest wykorzystany do wyprowadzania kolejnych komunikatów testowych. Do kanałów 0 obu modułów R500P dołączono monitory ekranowe celem śledzenia przebiegu testów.

Wyświetlaniu podlegały wszystkie przesyłki protokolarne, jak również komunikaty dotyczące zarządzania, czyli wskazania zdarzeń i błędów. Oprogramowanie zapewnia



spowolnienie sekwencji operacji sieciowych, by umożliwić monitorowanie za pośrednictwem wolnego kanału transmisji szeregowej.

### 3.7. Przeprowadzone badania

A. W konfiguracji jak w p. 3.6 zadano przełącznikami na modułach wymagane parametry i uruchamiano kolejno proste testy realizujące w każdym z nich jedną spośród wybranych podstawowych usług protokołu FMS:

- Initiate,           ustanowienie połączenia,
- Abort,             zakończenie połączenia,
- Status,            odczyt statusu urządzenia,
- GetOD,             odczyt opisu obiektu,
- Read,              odczyt zmiennej,
- Write,             wpisanie zmiennej,
- FMA7 event,      wskazanie zdarzeń sieciowych.

Kontrolę przebiegu wykonywania usług prowadzono przez śledzenie komunikatów JOB LOG na monitorach dołączonych do modułów R500P, przez obserwację programowych komunikatów o wykonaniu usługi na monitorze dołączonym do modułu jednostki centralnej ZS500, a ponadto przy usługach Read i Write wykorzystano symulator sygnałów dwustanowych. Wszystkie testy przebiegały prawidłowo.

B. Do kontroli przebiegu transmisji po magistrali PROFIBUS w różnych warunkach medium opracowano test cykliczny obejmujący sekwencję usług Initiate, Write, Abort. Usługa Write wpisywała narastający kod binarny (16-bitowy) do modułu wyjść dwustanowych, która to wartość kodu podlegała wyświetlaniu na symulatorze wyjść. W ten sposób uzyskano stałe monitorowanie testu. Ponadto zliczano w jednostce centralnej liczbę usług zleconych i liczbę usług wykonanych.

Warunki przeprowadzania testu i wyniki testowania zebrano w tabl. 3.

Uzyskane wyniki prób dokonanych przy maksymalnych długościach linii magistrali wskazują na prawidłowe i bezbłędne działania magistrali, jednak bez tłumiącego oddziaływania stacji, których liczba w jednym segmencie magistrali może wynosić do 31. Aby uzyskać informację o zapasie tłumienności przeprowadzono eksperyment dla mediów jak powyżej, w którym mierzono granicę dodatkowego tłumienia (wprowadzanego szeregowo wtrąconym tłumikiem dekadowym) przy której zaczynały się pojawiać błędy (to jest usługi niewykonane). Próby przeprowadzono przy długości linii 200 m, dla kilku szybkości transmisji. Uzyskane wartości zapasu tłumienności w dB podaje tabl. 4. należy je ocenić jako w pełni wystarczające.

Tabl. 3. Wyniki testowania segmentu magistrali

Medium	Długość [ m ]	Szybkość transmisji [ kBaud ]	Liczba zleconych usług Write	Liczba usług niewykona- nych
skrętka 2 x 0,35 bez ekranu	200	500	131 072	0
para 2 x 0,25 w kablu telekom.	200	500	131 072	0
skrętka 2 x 0,25 ekranowana	200	500	131 072	0
skrętka 2 x 0,35 bez ekranu	600	187,5	524 288	0
para 2 x 0,25 w kablu telekom.	600	187,5	524 088	0
skrętka 2 x 0,25 ekranowana	600	187,5	524 088	0

Tabl. 4. Zapas tłumienności segmentu magistrali

Medium	19,2 kBaud	187,5 kBaud	500 kBaud
skrętka 2 x 0,35 bez ekranu	23	19	16
para 2 x 0,25 w kablu telekom.	27	22	18
skrętka 2 x 0,25 ekranowana	26	24	21

#### 4. Koncepcja interfejsu między komputerem PC, a kontrolerem sieci

##### PROFIBUS, jego skompletowanie i uruchomienie

We współczesnych realizacjach systemów automatyki przemysłowej coraz powszechniej stosowane są komputery osobiste klasy PC. Z racji powszechnie dostępnego, bardzo bogatego oprogramowania dla tych komputerów, pełnią one rolę stanowisk operatorskich i roboczych, urządzeń monitorujących i rejestrujących przebieg procesów technologicznych, archiwizujących itp..Decydują tu znakomite możliwości graficzne oraz duże pojemności pamięci masowych.

W etapie 2 "Opracowanie koncepcji interfejsu między komputerem PC, a kontrolerem sieci PROFIBUS, jego skompletowanie i uruchomienie" zostało w pierwszej kolejności przeprowadzone rozeznanie dostępnej literatury technicznej. Ustalono firmy oferujące tego typu rozwiązania. W kontaktach ze specjalistami firmy Bosch wyjaśniono, iż firma ta nie ma interfejsu do komputera w swojej ofercie produkcyjnej, a do kompletacji systemów interfejs kupuje z innych firm.

Na podstawie przeprowadzonych studiów opracowano koncepcję układu interfejsu i metodyki badań, wybrano typ urządzeń i określono potrzebne oprogramowanie. Do realizacji interfejsu między komputerem osobistym PC i siecią PROFIBUS postanowiono wykorzystać gotowy moduł sprzęgający IF-PC/AT firmy Softing wraz z firmowym oprogramowaniem bibliotecznym.

Do przeprowadzenia badań zakupiono dwa pakiety interfejsowe firmy Softing wraz z oprogramowaniem firmowym oraz oprogramowanie PROFIBUS Konfigurator. Pakiety zostały zainstalowane w dwóch komputerach PC, następnie zaimplementowano oprogramowanie.

##### 4.1. Opis sprzętu

Karta interfejsu IF-PC/AT do sieci PROFIBUS dla komputera osobistego PC zawiera procesor NEC V-25 pracujący z częstotliwością 10 MHz, roboczą pamięć dynamiczną RAM o pojemności 512 kB. Część tej pamięci o pojemności 64 kB jest dwudostępna: dla procesora na karcie interfejsu i dla procesora na płycie głównej komputera. Adres, pod jakim ta pamięć jest widziana od strony komputera PC zależy od stosowanego systemu operacyjnego i jest zadawany przełącznikiem na karcie. Dla systemu operacyjnego MS-DOS możliwe adresy to:

D0000 i E0000

Podobnie, za pomocą odpowiednich zwerek, jest zadawany numer wektora przerwania zgłaszanego przez kartę. Możliwe są następujące przerwania:

IRQ 10, IRQ 11, IRQ 12 i IRQ 15

Karta zawiera dwa izolowane galwanicznie interfejsy służące do medium transmisyjnego:

- RS 485, ze złączem szufladowym 9-cio stykowym do sieci PROFIBUS,
- SINEC L2 FO do światłowodowego medium transmisyjnego.

Zgłaszanie przerwania przez kartę interfejsu jest połączone z wpisem danych do pamięci pod adres FE80 w pamięci dwudostępnej. Zerowanie przerwania polega na wpisaniu przez procesor komputera pod ten sam adres wartości zero.

#### 4.2. Opis oprogramowania

Oprogramowanie komunikacyjne służące do obsługi karty interfejsu PROFIBUS można podzielić na dwie grupy:

- Oprogramowanie Komunikacyjne Warstwy 7. Oprogramowanie to działa w komputerze osobistym (PC) i pełni rolę interfejsu między protokołem PROFIBUS i programem aplikacyjnym. Działa ono na zasadzie: wyślij i odbierz.
- Oprogramowanie komunikacyjne i zarządzające zawierające:
  - i. FMS (Fieldbus Message Specification):
    - ♦ zarządzanie usługami i obiektami,
    - ♦ zarządzanie kontekstem
    - ♦ kodowanie/dekodowanie komunikatów przesyłanych w magistrali.
  - ii. FMA7 (Fieldbus Management Layer 7)
    - ♦ zarządzanie usługami i obiektami,
    - ♦ zarządzanie kontekstem
    - ♦ kodowanie/dekodowanie komunikatów przesyłanych w magistrali.
  - iii. CRL (zarządzanie FMS-LLI-FMA7)
  - iv. LLI (Lower Layer Interface)
  - v. OS (Operating System)
  - vi. FDL (Fieldbus Data Link, Layer 2)

Na dyskietkach z zakupionym oprogramowaniem znajdują się:

- pliki biblioteczne oraz pliki nagłówkowe pozwalające na generację programu aplikacyjnego,
- przykładowy program aplikacyjny,
- pliki wsadowe do generacji programu aplikacyjnego,
- oprogramowanie firmowe kontrolera PROFIBUS wraz z programem ładującym oraz dzięki zakupieniu rozszerzonej licencji:
- pliki źródłowe poszczególnych programów.

Generacja Oprogramowania Komunikacyjnego Warstwy 7 wymaga korzystania z:

- Microsoft Optimizing C-Compiler wersja 6.00A
- Microsoft Library-Manager wersja 3:17
- Microsoft Segmented-Executable Linker wersja 5.10
- Microsoft Program Maintenance Utility wersja 1.11

Oprogramowanie aplikacyjne należy kompilować z opcją wybierającą duży (large) model pamięci.

### 4.3. Interfejs do użytkownika

Usługi oferowane przez 7 warstwę protokołu PROFIBUS (FMS i FMA7) są szczegółowo opisane w normie PROFIBUS DIN 19245 część 2. Norma to określa realizowane funkcje i niezbędne parametry, nie definiuje jednak ani struktur danych ani sposobu przekazywania informacji - nie określa interfejsu do użytkownika. Pozwala to producentom oprogramowania na dowolność implementacyjną.

Firma Softing swoje procedury biblioteczne zrealizowała jako moduły wyslij/odbierz. Sterowanie przepływem danych między aplikacją a oprogramowaniem komunikacyjnym pakietu sprzęgającego IF-PC/AT odbywa się za pomocą trzech funkcji: jednej do inicjalizacji kontrolera oraz dwóch do przesyłania z i do kontrolera. Dane są reprezentowane przez wiele różnych struktur zależnie od ich charakteru.

Komunikacja i synchronizacja między komputerem i kontrolerem komunikacyjnym odbywa się poprzez wspólną pamięć znajdującą się na kontrolerze.

#### 4.3.1. Inicjacja oprogramowania

Funkcja **init\_profibus** inicjalizuje oprogramowanie komunikacyjne kontrolera oraz sterownik do jego obsługi w komputerze. Funkcja ta musi być wykonana zanim rozpoczyna się inne działania współpracy z pakietem IF-PC/AT. Pliki zawierające oprogramowanie firmowe kontrolera (*PBFW.LAD*) oraz tzw. bootstrap loader (plik *CPLOADER.BIN*) muszą się znajdować w bieżącym katalogu. prototyp tej funkcji wygląda następująco:

```
extern INT16 init_profibus
(
    IN USIGN32      h_dpr_base_address,
    IN USIGN16     dummy,
    IN BOOL        download_software
)
```

gdzie: INT16, IN USIGN32, IN USIGN16 i IN BOOL są typami zmiennych zadeklarowanymi w pliku nagłówkowym *PB\_TYPE.H* oznaczającymi odpowiednio: signed short, unsigned long, unsigned short i unsigned char.

Argumenty funkcji oznaczają:

- **h\_dpr\_base\_address** - adres początku pamięci dwudostępnej znajdującej się na kontrolerze komunikacyjnym. Np. dla kontrolera skonfigurowanego w ten sposób, że pamięć wspólna zaczyna się od adresu D000:0 wartość tego argumentu powinna wynosić 0xD0000000.
- **dummy** - jest to parametr występujący tylko ze względu na kompatybilność ze starszymi wersjami oprogramowania; obecnie nie ma on żadnego znaczenia.
- **download\_firmware** - parametr określający czy ma być ładowane do kontrolera komunikacyjnego oprogramowanie firmowe (tak gdy ma on wartość różną od 0).

Funkcja zwraca następujące wartości:

OK	(0)	Inicjalizacja zakończona sukcesem
LOADER_ERROR	(9)	Oprogramowanie firmowe nie może być załadowane
NO_CNTRL_RES	(10)	Kontroler nie odpowiada
INVALID_CNTRL TYPE_VERSION	(11)	Driver jest niezgodny z wersją oprogramowania wewnętrznego kontrolera

#### 4.3.2 Realizacja usług

Tak jak wszystkie protokoły bazujące na modelu odniesienia OSI, oprogramowanie obsługujące kontroler komunikacyjny realizuje cztery działania zwane *prymitywami*:

- **Żądanie** (request)
- **Sygnalizacja** (indication)
- **Odpowiedź** (response)
- **Potwierdzenie** (confirmation)

W przypadku realizacji prymitywów *żądanie* i *odpowiedź* dane są przekazywane od programu aplikacji do kontrolera komunikacyjnego; dla dwóch pozostałych prymitywów kierunek przepływu danych jest odwrotny. Oba te przypadki komunikacji z kontrolerem komunikacyjnym, w implementacji firmy Softing, są realizowane za pomocą dwóch oddzielnych funkcji: **profi\_snd\_req\_res** służy do wysyłania żądań i odpowiedzi, natomiast **profi\_rcv\_con\_ind** jest używana do odbierania odpowiedzi i sygnalizacji.

Wymiana danych odbywa się poprzez niezależną od usługi strukturę danych - tzw. SERVICE-DESCRIPTION-BLOCK oraz ewentualny dodatkowy blok danych. Struktura ta ma następującą postać:

```
typedef struct T_PROFI_SERVICE_DESCR
{
    USIGN16    comm_ref;
    USIGN8     layer;
    USIGN8     service;
    USIGN8     primitive;
    INT8       invoke_id;
    INT16      result;
} T_PROFI_SERVICE_DESCR;
```

Elementami tej struktury są:

**comm\_ref** - "kanał logiczny"

**layer** - warstwa, do której kierowane jest zadanie (FMS, FMA7, użytkownik)

**service\_id** - rodzaj żądanej usługi przez daną warstwę

**primitive** - prymityw usługi (żądanie, sygnalizacja, odpowiedź, potwierdzenia)

**invoke\_id** - identyfikator zadania

**result** - pozytywny lub negatywny wynik realizacji.

Prototyp funkcji **profi\_snd\_req\_res** wygląda następująco:

```
extern INT16 profi_snd_req_res
(
    IN T_PROFI_SERVICE_DESCR FAR *sdb_ptr,
    IN VOID                       *data_ptr,
    IN BOOL                       dummy
)
```

gdzie:

- **sdb\_ptr** to wskazanie na strukturę typu T\_PROFI\_SERVICE\_DESCR zawierającą wszelkie informacje dotyczące żądanej usługi
- **data\_ptr** to wskazanie na strukturę zawierającą zależne od usługi dane
- ostatni parametr funkcji występuje ze względu na kompatybilność ze starszymi wersjami oprogramowania i obecnie nie jest wykorzystywany.

Funkcja zwraca wartość 0 (E\_OK) w przypadku pomyślnego wykonania usługi lub wartość różną od 0 w razie błędu. Szczegółowy opis wszystkich błędów sygnalizowanych przez funkcję `profi_snd_req_res` znajduje się w "Reference Manual" dostarczonym wraz pakietem kontrolera i oprogramowaniem.

Użycie funkcji `profi_rcv_con_ind` oznacza, że aplikacja pragnie odebrać potwierdzenie lub sygnalizację. O tym, czy żądane dane są rzeczywiście dostępne aplikacja jest informowana za pomocą wartości zwracanej przez funkcję: wartość 0 (NO\_CON\_IND\_RECEIVED) oznacza, że nie ma potwierdzenia lub sygnalizacji, natomiast zwrócona wartość 1 (CON\_IND\_RECEIVED) oznacza, że w bloku danych znajduje się treść potwierdzenia lub sygnalizacji. Inne wartości zwracane przez funkcję służą do wskazania błędów, których opis znajduje się w "Reference Manual".

Prototyp funkcji `profi_rcv_con_ind` ma postać:

```
extern INT16 profi_rcv_con_ind
(
    INOUT T_PROFI_SERVICE_DESCR FAR *sdb_ptr,
    INOUT VOID FAR *data_ptr,
    INOUT USIGN16 *data_len
)
```

gdzie:

- **sdb\_ptr** to wskazanie na strukturę typu `T_PROFI_SERVICE_DESCR`, do której oprogramowanie komunikacyjne ma wpisać odpowiednie informacje.
- **data\_ptr** to wskazanie na obszar pamięci, do którego mogą być wpisane, zależne od usługi, dane,
- **data\_len** - parametr określający długość obszaru wskazanego przez `data_ptr`. Po wykonaniu tej funkcji parametr `data_len` zawiera rzeczywistą długość wpisanych danych

#### 4.4. Programy testowe i demonstracyjne

Na bazie otrzymanego od producenta oprogramowania, opracowano dwa programy do testowania, jak i do celów demonstracyjne. Obydwa umożliwiają komunikację dwóch komputerów osobistych typu PC, wyposażonych w karty kontrolerów komunikacyjnych IF-PC/AT.

Pierwszy z tych programów jest wywoływany z argumentem określającym czy dana stacja ma pracować jako klient czy jako serwer. Działanie polega na przesyłaniu, przez sieć PROFIBUS, znaków naciśniętych na klawiaturze komputera pracującego jako serwer i wyświetlaniu ich na żądanie na ekranie komputera pracującego jako klient.

Drugi program umożliwia przesyłanie plików z jednego komputera do drugiego. Po stronie odbiorczej należy określić w jakim pliku mają być umieszczane otrzymane dane.



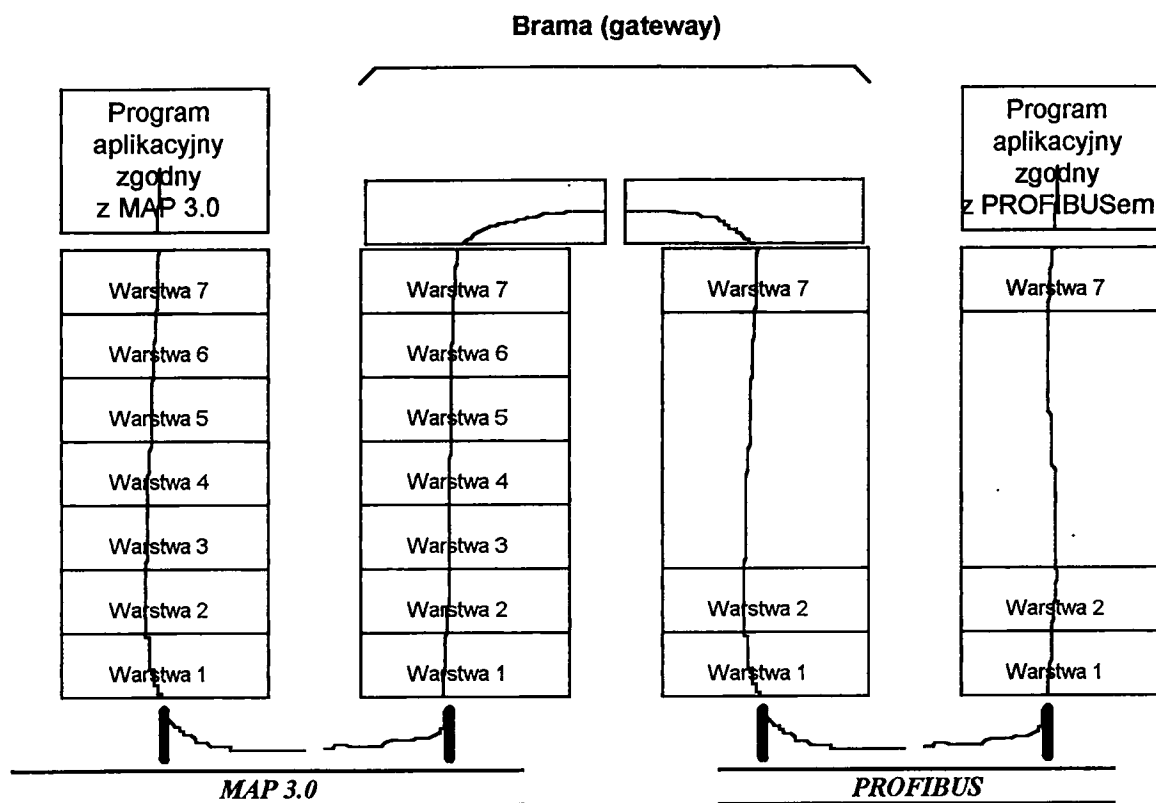
## **5. Koncepcja interfejsu programowego łączącego sieci MAP 3.0 i PROFIBUS**

Niniejszy rozdział jest sprawozdaniem z prac etapu 3 zlecenia pt. "Opracowanie koncepcji interfejsu programowego łączącego sieci MAP 3.0 i PROFIBUS". Połączenie wzajemne tych sieci może być konieczne w dużych zakładach przemysłowych, na przykład wielowydziałowych. W omawianym etapie podjęto próbę poszukiwania oryginalnego, własnego rozwiązania do powiązania tych sieci, tak by móc w przyszłości promować takie rozwiązanie, znacznie bardziej opłacalne od kupowania licencji oprogramowania do każdej aplikacji. Dokonano wstępnego porównania protokołów poszczególnych warstw tych obu zbliżonych do siebie sieci o dostępie deterministycznym. W wyniku uzyskano koncepcję interfejsu programowego, wykorzystującą specyficzne właściwości formatów ramek i właściwości zbiorów usług obu protokołów. Omówiono także przewidywane wymagania sprzętowe na komputer wykonujący zadania sprzęgające i rozpatrzono parametry czasowe mające wpływ na pracę interfejsu według przedstawionej w pracy koncepcji.

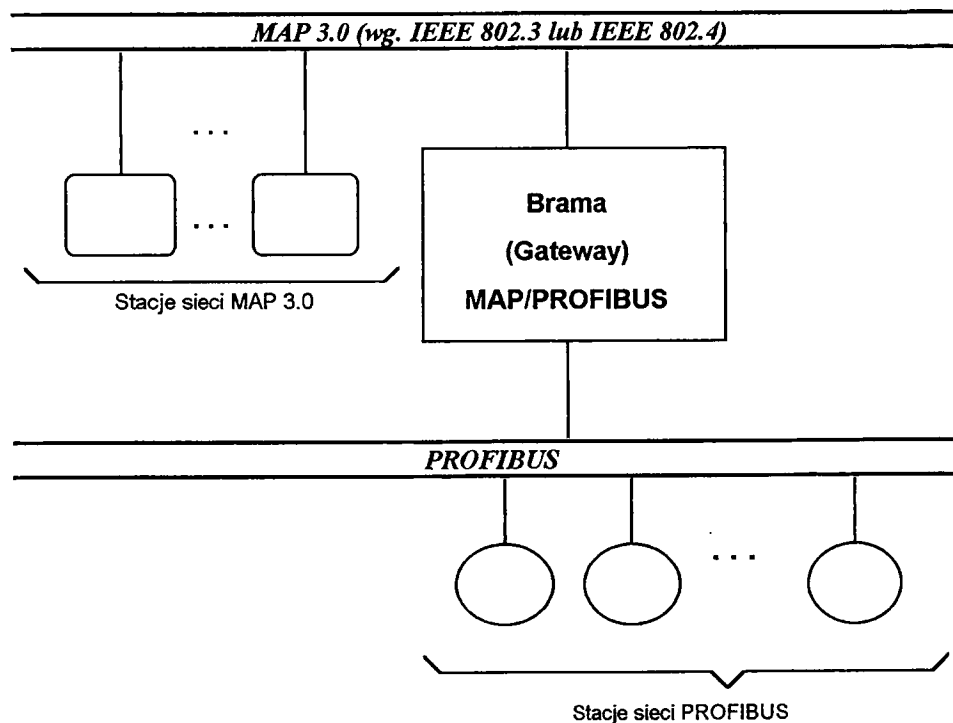
### **5.1 Zasada działania bramy (gateway)**

Brama (gateway) służy do łączenia segmentów sieci o odmiennych architekturach. W myśl opisu zamieszczonego w "MAP 3.0 Specification. 1993 Release" powinna ona umożliwiać dwukierunkowy przepływ danych, odtwarzać pełny adres MAP na podstawie adresów w formie skróconej, zapewniać prawidłową obsługę wielokrotnych, wzajemnie przeplatających się, prymitywów (por. p. 4.3.2) typu request i response, a także realizować wiele połączeń jednocześnie. Z drugiej jednak strony od bramy nie wymaga się zbierania danych, ich wstępnego przetwarzania oraz redukcji rozmiarów bloków danych (np. kompresji).

W bramie dokonywana jest translacja protokołów. Od strony segmentu sieci wg. MAP 3.0 stosuje się obowiązkowo wszystkie 7 warstw modelu OSI. W przypadku połączenia segmentu sieci MAP 3.0 z siecią PROFIBUS schemat działania przepływu informacji w bramie przedstawiono na rys. 5.1.1, zaś na rys. 5.1.2 pokazano schemat usytuowania bramy między łączonymi przez nią segmentami.



Rys. 5.1.1. Schemat przepływu informacji w bramie łączącej segmenty sieci MAP 3.0 oraz PROFIBUS. Kreślona odrębnie linia ciągła pokazuje drogę informacji.



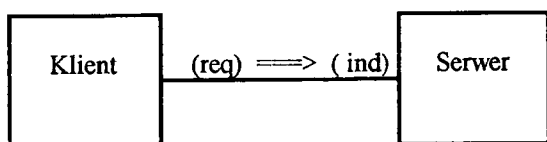
Rys. 5.1.2. Schemat usytuowania bramy między łączonymi przez nią segmentami. sieci MAP 3.0 i PROFIBUS.

## 5.2 Komunikacja typu klient - serwer z uwzględnieniem przejścia informacji przez bramę

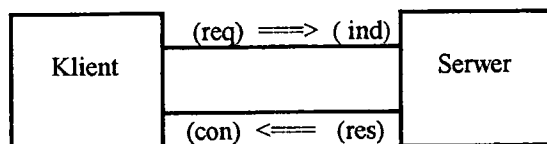
Zarówno w sieci typu MAP 3.0 jak i w sieci PROFIBUS komunikacja na poziomie warstwy 7 dokonywana jest według schematu klient (inicjujący transakcję sieciową i zlecający usługę do wykonania) - serwer (wykonujący zleconą mu usługę). Schemat działania klient - serwer realizowany jest przy użyciu wspomnianych w p. 4.3.2 prymitywów request (req), indication (ind), response (res) i confirmation (con). Wyróżnienie tych czterech prymitywów jest wygodne z punktu widzenia zarówno analizy jak i syntezy (np. konstrukcji oprogramowania realizującego zadany zbiór usług konkretnego protokołu). Mianowicie w przypadku prymitywów typu request i indication mamy do czynienia z takimi samymi danymi, jednakże w pierwszym przypadku są to dane wyjściowe, w drugim zaś - wejściowe. Podobnie rzecz się ma dla pary prymitywów response (dane wyjściowe) i confirmation (dane wejściowe). Klient na podstawie otrzymanych danych typu confirmation (lub ich braku) podejmuje decyzję o dalszym przebiegu transakcji sieciowej. Serwer zaś, po otrzymaniu danych typu indication, na podstawie swego własnego stanu generuje odpowiedź kierowaną do klienta w postaci danych typu response.

Zarówno w sieci MAP 3.0 jak i w sieci PROFIBUS, z każdą usługą warstwy 7 związany jest, specyficzny dla tej usługi (częstokroć inny dla różnych usług), blok danych oznaczany skrótowo jako PDU (Protocol Description Unit). Szczegółowe opisy tych bloków można znaleźć w cytowanym w p. 6.6 (poz. 1) opisie standardu DIN 19245 (kilkadziesiąt stron tekstu) oraz w przywoływanej w p. 5.1 publikacji specyfikującej najnowszy w obecnej chwili stan normalizacji sieci MAP 3.0. Ze względu na objętość materiału informacje szczegółowe dotyczące konkretnych PDU nie będą tu prezentowane. Jednakże do celów dalszej analizy przydatny będzie fakt, że nawet w przypadku usług o identycznym znaczeniu w sieci MAP 3.0 i PROFIBUS, bloki danych mogą mieć odmienną wewnętrzną strukturę, co implikuje konieczność ich przekształcania w bramie.

W warstwie 7 sieci MAP 3.0 i PROFIBUS wyróżniamy 2 typy usług: z potwierdzeniem i bez potwierdzenia. W przypadku usług bez potwierdzenia schemat przepływu informacji (transakcji) przebiega w sposób przedstawiony na rys. 5.2.1, zaś usługi z potwierdzeniem realizowane są zgodnie ze schematem pokazanym na rys. 5.2.2.

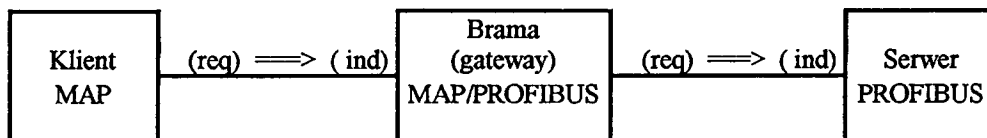


Rys 5.2.1. Schemat transakcji typu klient - serwer w przypadku usług bez potwierdzenia.

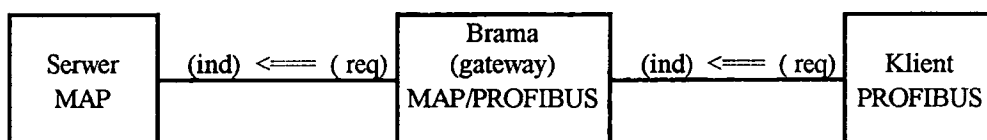


Rys 5.2.2. Schemat transakcji typu klient - serwer w przypadku usług z potwierdzeniem.

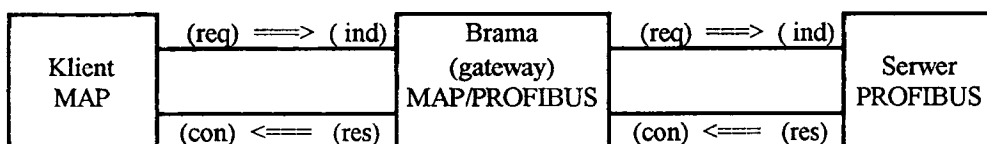
Po uwzględnieniu obecności bramy oraz faktu, że klient jak i serwer może się znajdować zarówno po stronie segmentu sieci MAP 3.0 jak też po stronie segmentu PROFIBUS, otrzymujemy 4 przedstawione niżej warianty szczegółowe schematu przepływu informacji:



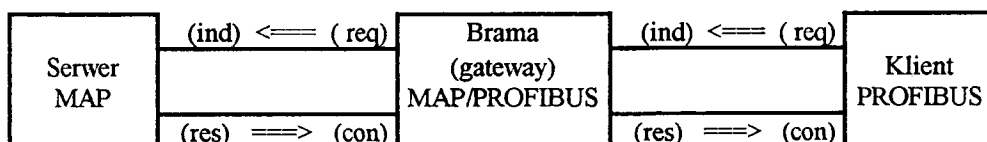
Rys 5.2.3. Wariant 1: Schemat transakcji typu klient(MAP) - serwer(PROFIBUS) z udziałem bramy w przypadku usług bez potwierdzenia.



Rys 5.2.4. Wariant 2: Schemat transakcji typu klient(PROFIBUS) - serwer(MAP) z udziałem bramy w przypadku usług bez potwierdzenia.



Rys 5.2.5. Wariant 3: Schemat transakcji typu klient(MAP) - serwer(PROFIBUS) z udziałem bramy w przypadku usług z potwierdzeniem.



Rys 5.2.6. Wariant 4: Schemat transakcji typu klient(PROFIBUS) - serwer(MAP) z udziałem bramy w przypadku usług z potwierdzeniem.

### 5.3 Zależności czasowe

Do zilustrowania działania bramy przydatne będą następujące dane liczbowe:

- w przypadku sieci MAP 3.0:

maks. dł. ramki -  $l(\text{MAP}) = 8192$  oktety,

prędkość transmisji (wariant carrierband stosujący normę IEEE 802.4) -

$v(\text{MAP}) = 5$  Mbit/s;

- w przypadku sieci PROFIBUS

maks. dł. ramki -  $l(\text{PRO}) = 255$  oktety,

prędkość transmisji (skrętka w ekranie wg. RS 485) -

nie więcej niż  $v(\text{PRO}) = 0,5$  Mbit/s.

Dla uproszczenia analizy założymy jeszcze dodatkowo, że czas obiegu uprawnienia  $t(\text{XXX})$  (gdzie XXX = MAP lub PRO) jest odwrotnie proporcjonalny do prędkości transmisji w danym segmencie (z tym samym współczynnikiem proporcjonalności  $p$ ), a ponadto, że brama nie wprowadza żadnego opóźnienia w relację klient - serwer. Wówczas czas realizacji transakcji wg. opisanego w p. 5.2 wariantu 2 wyniesie nie więcej niż:

$$t(\text{Wariant 2}) = p[1/v(\text{PRO}) + 1/v(\text{MAP})],$$

czyli przyrost względny w stosunku do transakcji klient - serwer zamykającej się wewnątrz pojedynczego segmentu sieci PROFIBUS można oszacować jako:

$$pwzgl(\text{Wariant 2}) = v(\text{PRO}) / v(\text{MAP}) = 0,1.$$

Rozpatrzmy teraz wariant 1. Jeśli ramka jest krótka (nie zawiera więcej niż 255 oktetów), to:

$$t(\text{Wariant 1: best.}) = p[1/v(\text{PRO}) + 1/v(\text{MAP})],$$

przy czym tym razem przyrost względny w stosunku do transakcji klient - serwer zamykającej się wewnątrz pojedynczego segmentu sieci MAP 3.0 można oszacować jako:

$$pwzgl(\text{Wariant 1: best}) = v(\text{MAP}) / v(\text{PRO}) = 10.$$

W przypadku ramek długich (zawierających więcej niż 255 oktetów) należy dodatkowo wziąć pod uwagę konieczność uzyskania kilkukrotnego dostępu do medium transmisyjnego po stronie segmentu PROFIBUS, co po uwzględnieniu konieczności dostawienia stałych fragmentów ramki (pola adresowe, sekwencja sumy kontrolnej, itd.) w najgorszym przypadku daje:

$$t(\text{Wariant 1: worst.}) = p[(l(\text{MAP}) / l(\text{PRO}) + 1)/v(\text{PRO}) + 1/v(\text{MAP})],$$

a przyrost względny w stosunku do transakcji klient - serwer zamykającej się wewnątrz pojedynczego segmentu sieci MAP 3.0 wyniesie:

$$pwzgl(\text{Wariant 1: worst}) = [l(\text{MAP}) / l(\text{PRO}) + 1] * v(\text{MAP}) / v(\text{PRO}) = 170.$$

W podobny sposób można dokonać oszacowań dla wariantów 3 i 4:

$$t(\text{Wariant 3: best.}) = t(\text{Wariant 4: best.}) = t(\text{Wariant 1: best.}) + t(\text{Wariant 2}),$$

$$pwzgl(\text{Wariant 3: best}) = 2 * pwzgl(\text{Wariant 1: best}) = 2 * v(\text{MAP}) / v(\text{PRO}) = 20.$$

$$pwzgl(\text{Wariant 4: best}) = 2 * pwzgl(\text{Wariant 2}) = 2 * v(\text{PRO}) / v(\text{MAP}) = 0,2.$$

$$t(\text{Wariant 3: worst.}) = t(\text{Wariant 4: worst.}) = t(\text{Wariant 1: worst.}) + t(\text{Wariant 2})$$

$$pwzgl(\text{Wariant 3: worst}) = [l(\text{MAP}) / l(\text{PRO}) + 2] * v(\text{MAP}) / v(\text{PRO}) = 180.$$

$$pwzgl(\text{Wariant 4: worst}) = 2 * [l(\text{MAP}) / l(\text{PRO})] * v(\text{PRO}) / v(\text{MAP}) = 3,2.$$

Powyższe oszacowania można podsumować w następujący sposób:

- czas dokonania transakcji sieciowej typu klient - serwer (a w związku z tym również czas realizacji usługi warstwy 7) z zaangażowaniem bramy rośnie o od 10% do 320% w przypadku, w którym klient znajduje się po stronie segmentu PROFIBUS, zaś w razie umiejscowienia klienta po stronie segmentu MAP 3.0 - od 11 razy do 181 razy. Zależność ta pogarsza się wraz ze wzrostem prędkości transmisji w sieci MAP 3.0, a także wraz ze zmniejszaniem się prędkości transmisji w sieci PROFIBUS. Ponieważ w oszacowaniach nie brano pod uwagę opóźnień wprowadzanego przez bramę, więc powyższy rezultat należy uznać za ogólną charakterystykę współpracy dwu segmentów sieci o różnych prędkościach transmisji.

Otrzymany rezultat prowadzi do następujących wniosków:

-struktura sieci powinna być tak dobrana, aby w miarę możliwości klientem była stacja zlokalizowana po stronie segmentu PROFIBUS. Na przykład stacja nadrzędna, umieszczona w segmencie MAP 3.0, jako klient inicjuje długoterminowy seans pracy (przekazując być może oprogramowanie i niezbędne parametry do stacji podrzędnych w segmencie PROFIBUS), a dalej stacje podrzędne przejmują rolę klientów, samodzielnie przekazując uprzednio określone dane do stacji nadrzędnej. W przypadku zaś konieczności zastosowania pracy w trybie odpytywania (polling), zaleca się, aby stacja odpytująca mieściła się w tym samym segmencie sieci co stacje odpytywane. W szczególności dotyczy to pracy w systemach krytycznych czasowo;

-o ile to możliwe należy stosować ramki o całkowitej długości nie przekraczającej 255 oktetów, gdyż w tym przypadku osiągane są dolne granice wzrostu czasu dokonania transakcji sieciowej typu klient - serwer. Zalecenie to jest spełnione w przypadku znacznej części PDU związanych z realizacją usług MMS ;

-po stronie wejścia do segmentu PROFIBUS należy się spodziewać najdłuższych kolejek, co powinno być uwzględnione przy projektowaniu rozdziału zasobów pamięciowych oprogramowania bramy;

-praktycznie dopuszczalne jest rozwiązanie, w którym bramę stanowi wyodrębniona stacja sieci PROFIBUS jest połączona z komputerem z wewnętrzną kartą sieci MAP 3.0 przez łącze szeregowe. Nie zaleca się natomiast rozwiązania odwrotnego;

-nie ma większego uzasadnienia wprowadzanie bramy MAP/PROFIBUS do segmentów sieci MAP 3.0 pracujących z większymi prędkościami transmisji (np. wariant broadband).

#### 5.4 Koncepcja bramy MAP/PROFIBUS

Do zestawu składającego się na bramę MAP/PROFIBUS wchodzi

- karta sieciowa MAP,
- karta sieciowa PROFIBUS,
- komputer wraz z odpowiednim oprogramowaniem.

W myśl, uwag zawartych w p. 5.3, karta sieciowa MAP 3.0 powinna być kartą wewnętrzną komputera, najlepiej komunikującą się z jednostką centralną przez system przerwań o przekazującą dane poprzez DMA (Direct Memory Access). Lepiej, ażeby karta sieciowa PROFIBUS miała cechy analogiczne, jednakże dopuszczalny jest również wariant zewnętrznej karty PROFIBUS, połączonej z komputerem łączem szeregowym (tego typu rozwiązanie w nomenklaturze firmy CRI Industrial Systems A/S nosi nazwę Gateway Class II - bramy klasy II). Ważne są również zasoby pamięciowe komputera. Na przykład w przypadku

wspomnianej przed chwilą firmy CRI Industrial Systems A/S zaleca się, w zależności od szczegółów zastosowanego rozwiązania, od 8 do 14 MB pamięci RAM (praca w systemie OS/2 z wykorzystaniem bazy danych ORACLE), natomiast światowy potentat w tej dziedzinie - amerykańska firma SISCO - sugeruje 4-8 MB RAM w przypadku systemu operacyjnego MS-DOS wersja 6.0 lub nowsza.

Z rozważań zamieszczonych w p. 5.3 nie wynika, aby typ komputera i jego szybkość w sposób krytyczny wpływały na jakość pracy bramy. Mianowicie przyjęcie ramki o długości 255 oktetów przy prędkości transmisji 5 Mbit/s trwa nie krócej niż 0,4 ms, zaś jednocześnie dostępne na rynku komputery typu IBM-PC/AT działają z zegarem o częstotliwości co najmniej 25 MHz, co daje 40 ns na pojedynczy takt zegara, a więc 10000 taktów na obróbkę ostatnio otrzymanej ramki przed skompletowaniem następnej ramki, przy najgorszym z możliwych założeniu, że kolejne ramki nie są przedzielone odstępami. Oznacza to możliwość wykonania ponad 500 instrukcji maszynowych, a więc w najgorszym przypadku przepisanie świeżo otrzymanych danych z bufora karty na stos pamięci roboczej i uwolnienie go dla następnej ramki. Że przedstawione oszacowanie jest zbyt pesymistyczne, świadczy fakt sugerowania przez firmę SISCO komputera IBM-PC/AT w wersji 386SX/25MHz.

## 6. Dokumentacje firmowe i omówienie wybranych pozycji

Poniżej krótko omówiono kilka wybranych dokumentacji firmowych uzyskanych w toku realizacji pracy; które zostały wykorzystane przy realizacji poszczególnych jej etapów i będą stosowane przy wykonywaniu projektu zamawianego. Na końcu rozdziału podaje się dalsze pozycje literaturowe, posiadane i wykorzystywane przy pracach nad aplikacjami sieci PROFIBUS.

### 6.1. Podręcznik "PROFIBUS Configuration Parameters"

Dokument firmy SOFTING "PROFIBUS Configuration parameters" wersja 4.01 służy wyjaśnieniu protokołu konfiguracyjnego parametry i zawiera opis sposobu określania tych parametrów.

Oprogramowanie protokołu PROFIBUS korzysta z następujących składników konfiguracyjnych: parametrów magistrali, listy relacji komunikacyjnych i słownika obiektu. Te trzy rodzaje elementów konfiguracyjnych są opisane w kolejnych trzech rozdziałach dokumentu. Dodatek zawiera przykładowe opisy parametrów konfiguracyjnych, podane w postaci plików ASCII.

**Parametry magistrali** muszą być identyczne w każdej stacji. Podane są zalecenia doboru każdego z parametrów. Do parametrów magistrali należą:

- najwyższy adres stacji HSA. Przy medium standardu RS 485 segment może liczyć tylko do 32 stacji,
- szybkość transmisji, może być wybrana od 9,6 kBaud do 1500 kBaud

- redundancja, obecnie nie ma,
- czasy charakterystyczne protokołu dostępu (7 parametrów)
- maksymalna ilość powtórzeń żądań warstwy 2 (1...8)

**Lista relacji komunikacyjnych** zawiera:

- parametry warstwy 2: adres stacji, adres segmentu, wskaźnik aktywny/pasywny,
- sześć ogólnych parametrów nagłówka listy relacji,
- parametry wejściowe (wejścia) każdej relacji komunikacyjnej, w tym m.inn. jej numer, adres stacji oddalonej, typ relacji, usługi FMS w danej relacji, rozszerzenia dot. dostępu grupowego i zabezpieczenia.

**Słownik obiektu** składa się z kilku części, a mianowicie:

- nagłówka, obejmującego informację strukturalną o słowniku, głównie adresy i długości,
- słownika statycznego typów (typy danych i opis strukturalny typów danych),
- słownika statycznego obiektów (opisy zmiennych, tabel, zapisów, domen i zdarzeń),
- słownika dynamicznego zmiennych (opisy do listy zmiennych obiektu),
- słownika dynamicznego wywołań programów

## 6.2. Instrukcja "PROFI-IF-PCAT"

Oferowany przez firmę SOFTING interfejs między komputerem PC a magistralą PROFIBUS, nazwany PROFI-IF-PCAT, składa się z karty kontrolera komunikacyjnego, instalowanej w komputerze oraz oprogramowania sieciowego. Karta sieciowa może być instalowana w każdym komputerze kompatybilnym z IBM PC, także w konstrukcjach laptop. Jest także używana w komputerach stosowanych jako urządzenia programujące.

W kontrolerze jest stosowany mikroprocesor NEC V25+, pracujący z częstotliwością 10 MHz. Pamięć wewnętrzna DRAM ma pojemność 512 KB, natomiast pamięć dwudostępna do komunikacji z komputerem ma pojemność 64 KB. Kontroler może obsługiwać transmisje z prędkością do 1,5 Mbit/s. Kontroler posiada złącze 9-stykowe interfejsu RS 485 do sieci PROFIBUS oraz złącze typu HP-duplex do światłowodu sieci SINEC L2FO.

Dołączony opis sprzętu interfejsu zawiera ogólny opis, dane techniczne, sposób instalacji, instrukcję wyboru adresów pamięci i wyboru linii przerwań.

## 6.3. Podręcznik "PROFIBUS Communication Interface Layer 7 for CP5412-A1 Controller" version 4.01"

Podręcznik firmy SOFTING opisuje opracowane przez tą firmę oprogramowanie warstwy użytkownika (warstwa 7) PROFIBUS, rezydujące w komputerze IBM PC. Oprogramowanie to pełni rolę interfejsu między programem aplikacyjnym a protokołem komunikacyjnym.



Kolejne rozdziały omawiają:

- instalowanie oprogramowania w komputerze,
- definicje i opisy obiektów i usług PROFIBUS,
- protokół FMA7 zarządzania warstwy 7 Fieldbus,
- interfejsy użytkownika,
- parametry i dane w usługach FMS,
- parametry i dane w lokalnych i oddalonych usługach FMA7,
- parametry konfigurujące oprogramowanie sterownika CP5412-A1.

Załącznik podaje 7 plików przedmiotowego oprogramowania.

#### **6.4. Podręcznik "PROFIBUS for beginner - Software manual"**

Podręcznik firmy Bosch (dok. nr 4427/E1) stanowi jedyną znaną publikację na poziomie najniższym, prostą, przejrzystą i łatwo dostępną. Zawiera podstawowe wiadomości o sieci PROFIBUS, wprowadza model odniesienia ISO/OSI, objaśnia terminologię stosowaną w opisie protokołów sieciowych, opisuje słownie przeznaczenie poszczególnych usług protokołu FMS a także usług zarządzania. Ponadto objaśnia działanie sieci; na prostych przykładach objaśnia jak skonfigurować sieć i ustalić obiekty protokołu przy pomocy programu konfigurator.

Dokument można uznać za wzorcowy i po przetłumaczeniu może być szeroko stosowany do szkolenia, jako wprowadzenie.

#### **6.5. Podręcznik "PROFIBUS-Konfigurator Software Handbuch"**

PROFIBUS-Konfigurator jest programem wspomagającym opracowanie aplikacji sieci i pracuje na komputerach IBM PC w środowisku WINDOWS. Podręcznik obsługi tego programu firmy Bosch (dok. nr 4406/D1) jest dostępny jedynie w języku niemieckim. Do stosowania oprogramowania konfigurującego firmy Bosch niezbędne będzie jego przetłumaczenie.

Podręcznik opisuje sposób korzystania z programu PROFIBUS-Konfigurator i zawiera pełne instrukcje stosowania poszczególnych części konfiguratora:

- zakładania pliku dokumentacji sieci (projektu) i prowadzenia prac nad projektem,
- użycia edytora parametrów protokołu (GSD-Editor),
- edytora graficznego konfiguracji sieci (Topologie-Editor),
- edytora listy połączeń komunikacyjnych (KBL-Editor),
- edytora obiektów i danych (OV-Editor),
- edytora parametrów magistrali (Bus-Editor).

## 6.6. Inne pozycje dokumentacji o sieci PROFIBUS

1. PROFIBUS Standard DIN 19245 Part 1, Part 2, Translation of the German Standard, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. Alfter. 1991
2. PROFIBUS The Fieldbus for Industrial Automation, edited by Klaus Bender, Carl Hanser Verlag, Munchen 1993
3. CL500 Computer Interface Module R500P Module Description, Nr 4298/E1, Bosch Erbach, 1994
4. CL500 System Description, Nr 4050/E1, Bosch Erbach, 1990
5. SINEC Industrial Communications Networks, Catalog IK 10, SIEMENS 1994