ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1995
Seria: INFORMATYKA z. 28 Nr kol. 1270

Marcin FOJCIK

OGRANICZENIA W WYMIANIE INFORMACJI W ZINTEGROWANYCH SIECIACH PRZEMYSŁOWYCH NA PRZYKŁADZIE SIECI TOKEN BUS i MODBUS

Streszczenie. W pracy opisane są właściwości wybranych sieci przemysłowych oraz wpływ integracji tych sieci na transmisję danych w obrębie każdej z sieci, a także na przesyły międzysieciowe. Omówionych jest kilka przypadków połączeń sieci z oceną ich przydatności.

LIMITATIONS OF EXCHANGES INFORMATIONS IN INTEGRATION INDUSTRY NETWORKS

Summary The paper describes the general methods of integration industry networks with using a Programmable Logic Controlers. The limits of interconections and data transfer between each branch of networks are showed. The few methods of solution this problem are described.

AUSSI UNE INFLUENCE D'INTÉGRATION CES RÉSEAUX Á LA TRANSMISSION

Résumé. Au travail il y a la clescription de caractéristique des réseaux industriels, et aussi une influence d'intégration ces réseaux á la transmission des données á l'intérieuz de chaque riseau et aux transmission entre les réseaux. On a une description qui concerne les possibilités des réunions des réseaux avec une appréciation d' utilité eux.

1. Wstęp

1.1. Sieć typu TOKEN BUS

W zastosowaniach przemysłowych sieci lokalne magistralowe typu TOKEN RING są dedykowane dla komunikacji pomiędzy wieloma abonentami dając gwarancję dużej niezawodności transmisji. Ponadto sieci te cechują się dużą jak na zastosowania przemysłowe prędkością transmisji. Generalna charakterystyka tego typu sieci jest następująca:

- architektura zdecentralizowana,
- łatwa rozbudowa w systemy rozległe,
- możliwość tworzenia struktury drzewiastej, co oznacza, że wszyscy abonenci danego segmentu sieci są na tym samym poziomie hierarchii i mogą inicjować dialog,
- bezpośredni dialog pomiędzy segmentami,
- gwarantowany czas wymiany informacji pomiędzy abonentami tego samego segmentu,
- automatyczna rekonfiguracja,
- ograniczona długość ramki,
- możliwość pracy sieci nawet w przypadku awarii któregoś z abonentów,
- „przezroczystość" wymian informacji,
- możliwość tworzenia systemów redundancyjnych.

1.1.1. Opis wymiany informacji

W protokole dostępu do łącza wyróżnia się dwa typy ramek:
- dwubajtowe ramki serwisowe, do których należy między innymi tzw. żeton,
- oraz wielobajtowe ramki danych.

Wymiana informacji polega na przekazywaniu pomiędzy abonentami ramek serwisowych, a ramki danych transmituje jedynie ten abonent, który odebrał i jest w posiadaniu ramki serwisowej - żetonu.

W kroku 1 abonent 0 przesyła żeton do abonenta 1. W określonym czasie oczekuje ramki serwisowej - akceptacji. Następuje to w kroku 2. W kroku 3 abonent 0 wysyła ramkę zezwolenia na przejęcie żetonu przez abonenta 1. W kroku 4 abonent 1 wysyła ramkę danych do abonenta 2 i oczekuje na ramkę serwisową ACK, co oznacza przyjęcie przez adresata danych. Niestety Abonent A2 wysyła ramkę negatywnego potwierdzenia (krok 5) (tzw.NACK), co oznacza, że nie jest w stanie przyjąć danych. Może się tak zdarzyć wtedy, gdy adresat ma przepełniony bufor odbiorczy. Wobec tego abonent 1 wysyła dane do abonenta 3 (krok 6) i otrzymuje pozytywne potwierdzenie (krok 7 tzw.ACK), po czym rozpoczyna procedurę wysłania żetonu do abonenta 2

(kroki 8,9 i 10). Tak przedstawia się procedura przesyłania żetonu w sieci skonfigurowanej i w obecności wszystkich abonentów.

1.1.2. Kontrola czasu nadawania

Aby nie dopuścić do monopolizacji sieci przez jednego z abonentów, a co za tym idzie, zagwarantować czas dostępu do łącza wszystkim abonentom w sieci, istnieje mechanizm kontroli czasu nadawania. Abonent, który odebrał żeton, rozpoczyna odmierzanie czasu równego cyklowi sieci i oczywiście rozpoczyna nadawanie (czas t0), po czym przesyła żeton do następnego abonenta, który również po uzyskaniu żetonu rozpoczyna odmierzać czas cyklu. Dotyczy to pierwszego cyklu sieci.

Po przesłaniu przez ostatniego abonenta (abonent 2) żetonu do abonenta 0, ten ostatni może nadawać jedynie przez czas, który pozostał do zakończenia okresu cyklu sieci (czas t3), a ponadto rozpoczyna odmierzanie interwału czasowego, równego czasom cyklu. Po zakończeniu nadawania (czas t3) abonent 0 przesyła żeton do kolejnego abonenta, który powtarza tę samą procedurę. Widać, że czas transmisji każdego z abonentów jest ściśle limitowany.

Wszystkie komunikaty, których nadawanie rozpoczęło się w chwili upłynięcia czasu nadawania, będą wyemitowane w całości w trakcie kolejnych cykli sieci. Kontrola czasu nadawania jest jednym z najistotniejszych mechanizmów zapewniających duży poziom niezawodności, ale mechanizm ten wymaga prawidłowej konfiguracji sieci, na którą składają się przede wszystkim:

- prawidłowe obliczenie cyklu sieci,
- prawidłowa sprzętowa konfiguracja sieci pozwalająca zminimalizować wpływ powstawania "dziur",co ma ogromny wpływ na przepustowość sieci.

Pojawia się tu kilka uwag. Po pierwsze, rzeczą najistotniejszą przy konfigurowaniu sieci jest obliczanie maksymalnego czasu cyklu sieci, gdyż parametr ten będzie miał decydujące znaczenie dla określenia czasów nadawania poszczególnych abonentów. Po drugie, maksymalny czas cyklu rzutuje na podjęcie decyzji o przydatności określonej sieci dla realizacji zadania. Może się bowiem okazać, że przy przyjętych założeniach dotyczących liczby abonentów, liczby żądanych wymian, ilości informacji wymaganych do transmisji, liczby wymian o najwyższym priorytecie pilności sieć nie jest w stanie sprostać zadaniu. Wtedy należy podjąć decyzję dotyczącą albo zmiany typu sieci, albo przekonfigurowania istniejącej. Przekonfigurowanie istniejącej sieci może dotyczyć:

- eliminacji "dziur",
- zminimalizowania liczby oraz wielkości wymian informacji,
- utworzenia kilku ze sobą powiązanych segmentów sieci o tym samym priorytecie,
- zmniejszenia liczby abonentów,
- zmiany priorytetów komunikatów.

1.2. Sieci typu MASTER-SLAVE

Innym rodzajem sieci przemysłowej jest sieć magistralowa MASTER-SLAVE. W tego rodzaju sieciach tylko stacja abonencka MASTER może rozpocząć proces wymiany informacji. Dopuszcza się dwa typy wymian:

- „zapytanie-odpowiedź". Jest to wymiana informacji z wybraną stacją. SLAVE,
- „rozgłoszenie". Jest to wymiana z wszystkimi abonentami.

Zasadniczą cechą tego typu sieci bywa stały format ramki oraz niezmienne sekwencje wymiany danych. Stacje typu MASTER mają ponadto stały repertuar funkcji służących komunikacji. Istnieje również szereg wielkości (cech charakterystycznych), które podlegają parametryzacji. Do nich można zaliczyć prędkość transmisji, typ kontroli parzystości, liczbę bitów stopu, tryby transmisji, liczbę abonentów (1 do 63 stacji SLAVE).

Te parametry są definiowane dla każdej stacji i nie podlegają modyfikacjom podczas pracy sieci. Sieci typu MASTER-SLAVE cechuje możliwość rozbudowy w bardzo rozległe systemy dające się ze sobą integrować.

1.2.1. Opis wymiany informacji

Postać ramek transmitowanych zarówno ze stacji MASTER, jak i z poszczególnych stacji SLAVE, poza kilkoma wyjątkami, jest identyczna. Oznacza to, że stacja SLAVE odpowiada ramką,którą otrzymała, uzupełniając ją ewentualnie danymi, jeśli wynika to z funkcji,którą należy wykonać. Funkcjami realizowanymi przez stacje SLAVE są:

- przyjęcie programu do wykonania przez jednostkę centralną sterownika stacji SLAVE,
- odczyt bitów lub słów pamięci jednostki centralnej sterownika,
- zapis do pamięci jednostki centralnej stacji SLAVE słów lub bitów odebranych z sieci.
- diagnostyka sieci.

W sieciach typu MASTER-SLAVE cały proces diagnostyki spoczywa na stacji MASTER. Określenie jakości transmisji oraz spowodowanie odpowiedniej akcji należy do programu umieszczonego w jednostce centralnej stacji MASTER.

Zarówno stacje MASTER, jak i SLAVE są wyposażane w koprocesory sieci. Przy czym koprocesory sieci stacji SLAVE są nieprogramowane. Realizują one jedynie obsługę ramek i egzekucję funkcji otrzymywanych ze stacji MASTER. Koprocesory stacji MASTER są programowane przez programistę, który ustala cały scenariusz wymian pomiędzy wszystkimi stacjami w sieci. Jest to proces bardzo odpowiedzialny i jego prawidłowe zaprogramowanie stanowi nie tylko o określeniu poprawności transmisji i decyduje o ewentualnym podjęciu akcji awaryjnych, ale również decyduje o wydajności sieci i prawidłowym działaniu pozostałej części programu umieszczonego w jednostce centralnej i nie mającego bezpośredniego związku z pracą sieci.

1.2.2. Programowanie stacji MASTER

Generalnie program w jednostce centralnej stacji MASTER można podzielić na dwie (lub więcej) niezależnych części:

- program realizujący algorytm sterowania, regulacji itp.mogący lub nie czerpać informacje wejściowe płynące siecią (np.wizualizacja procesu sterowanego przez n-tą stację SLAVE,
- program obsługi wymiany realizujący następujące funkcje:
  - wyzwalanie koprocesora sieci (wymiana "wyzwalania"),
  - interpretacja raportu sieci.

Należy mocno podkreślić, że istnieje bardzo silna zależność pomiędzy konstrukcją oprogramowania jednostki centralnej sterownika, a konstrukcją wymian (programowanie koprocesora MASTER). Jeżeli „program główny" będzie korzystał z sieci (transmisja i odbiór), to będzie to miało decydujący wpływ na sposób oprogramowania koprocesora.

2. Integracja sieci

Istnieje wiele przypadków, kiedy konieczne jest zastosowanie różnych typów sieci przemysłowych. Głównym jest sytuacja, gdy na obiekcie występuje kilka grup wejść o różnych własnościach. I tak występują stany urządzeń pomiarowych, które należy bardzo szybko udostępnić innym sterownikom, jak również pomiary o mniejszym znaczeniu, aczkolwiek co pewien okres czasu konieczne. Zastosowanie tu tylko jednego typu sieci, np. N10, spowoduje utratę jej zalet związanych z szybkością działania kosztem ilości przesyłanych informacji lub może okazać się, że sieć np. MODBUS nie jest w stanie zapewnić żądanego czasu działania.

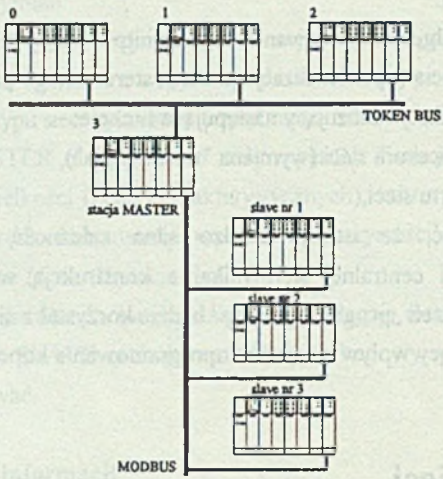
Są też przypadki, że do istniejącej i pracującej sieci należy dołączyć nowe pomiary, ale tak, aby nie zmienić działania istniejącej sieci.

2.1. Integracja w sensie fizycznym

W przypadku łączenia sieci między sobą istnieje wiele możliwości realizacji tego tematu. Związane jest to z faktem, że sterownik ma możliwość wykorzystywania kilku niezależnych modułów sieciowych. Dzięki temu można podzielić jedną dużą sieć np. na kilka mniejszych tego samego lub różnych typów. Pojedynczy sterownik może wykonywać swój program, a dodatkowo należeć nawet do kilku różnych sieci przemysłowych o innych protokołach. Ważnym elementem jest tu moduł koprocesor BASIC, który ma możliwość wykonywania operacji arytmetyczno-logicznych, a także posiada wbudowane mechanizmy sieciowe typu MODBUS (dla stacji Master lub slave).

2.2. Integracja sieci w sensie logicznym

Po połączeniu wszystkich sterowników do wybranych z sieci TOKEN BUS lub MODBUS należy zastanowić się nad sposobami przesyłów informacji.

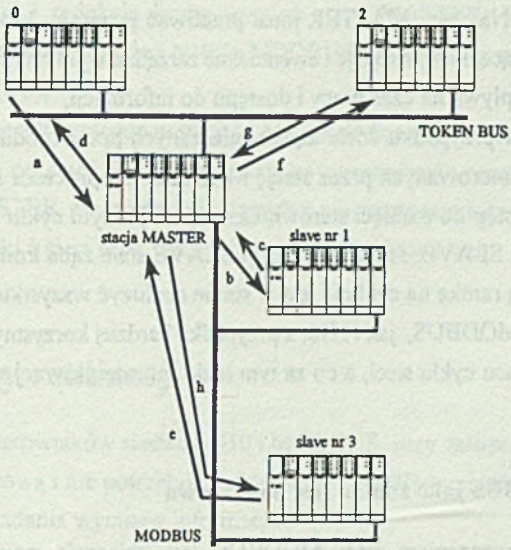


Rys. 1. Przykład zintegrowanej sieci
Fig. 1. An example of integrated networks

2.2.1. Przypadek idealny: każdy sterownik w zintegrowanej sieci może dowolnie 'rozmawiać' z każdym sterownikiem

Dla abonentów sieci N10 nie stanowi to problemu. W przypadku sieci MODBUS stacja MASTER musiałaby cyklicznie sprawdzać wszystkie moduły SLAVE, aby dowiedzieć się czego potrzebują i w zależności od odpowiedzi dokonywać przesyłów.

W przypadku transferu informacji między sieciami sprawa się komplikuje. Stacja MASTER realizuje wymiany, które są adresowane bezpośrednio - nie ma adresacji pośredniej. To samo dotyczy typu wymiany (odczyt słowa, bitu, grupy słów, zapis słowa, bitu, grupy słów, itp.). Należy więc w stacji MASTER zarezerwować każdy możliwy typ wymiany dla każdego ze sterowników zarówno dla żądania dostarczenia informacji od slave do abonenta sieci N10, jak i w odwrotnym kierunku.



Rys. 2. Wymiany informacji w zintegrowanej sieci
Fig. 2. Data exchanges in integrated networks

Pojawiają się tu następujące problemy (rys. 2):

- liczba wymian w module MASTER sieci MODBUS jest ograniczona do 128, stacji SLAVE w sieci może być do 63. Widać, że dla każdego modułu SLAVE można zarezerwować tylko 2 wymiany, co przy różnych jej typach jest niewystarczające.
- czas otrzymania informacji przez stacje z modułem SLAVE od abonenta sieci N10 jest bardzo długi, składają się na niego:
  - czekanie na zapytanie ze stacji MASTER, co pozwala zgłosić żądanie,(e)
  - odczyt żądania przez stację MASTER,(f)
  - realizacja wymiany w sieci N10,(g)
  - przesłanie otrzymanych danych do stacji SLAVE.(h)

Widać, że przy dużej ilości żądanych danych spowolniona jest praca sieci N10 i pojawia się wiele dodatkowych przesyłów na sieci MODBUS

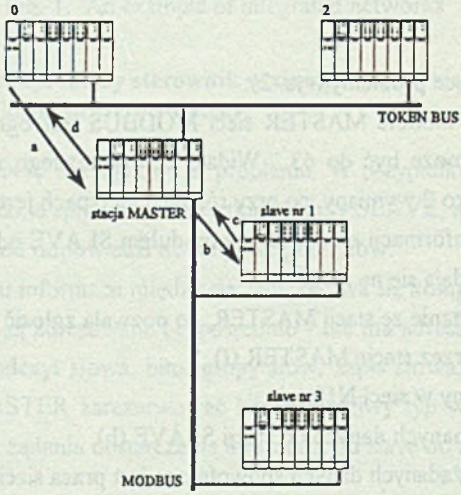
- skomplikowany jest sposób adresowania poszczególnych sterowników dla przesyłów międzysieciowych. Każdy ze sterowników musi znać adresy wszystkich innych sterowników łącznie z adresami poszczególnych danych. Wszelkie zmiany pociągają za sobą konieczność zmiany we wszystkich sterownikach. Dla żądań wysyłanych przez stacje SLAVE dodatkowo pojawia się problem kodowania i dekodowania ramek, aby stacja

MASTERA potrafiła odczytać lub zapisać odpowiednie dane z/do odpowiedniego adresu na sieci N10. Na stacji MASTER musi pracować program, który sprawdza wszystkie ramki dochodzące, interpretuje je i ewentualnie zarządza wymiany na sieci N10. Wszystko to znacząco wpływa na czas pracy i dostępu do informacji,

- na sieci N10 w przypadku wielu żądań zgłaszanych przez moduły SLAVE pojawia się wiele ramek generowanych przez stację MASTER. Koprocesor sieci podczas cyklu ma tylko jeden dostęp do pamięci sterownika, więc w jednym cyklu może żądać informacji dla jednej stacji SLAVE. Jeżeli kilka stacji SLAVE stale żąda komunikacji, to MASTER wysyłając jedną ramkę na cykl nie jest w stanie obsłużyć wszystkich żądań. Powoduje to 'zatkanie' sieci MODBUS, jak i N10, a przypadku bardziej korzystnym jedynie(?) znaczne wydłużenie czasu cyklu sieci, a co za tym idzie - utratę głównej właściwości sieci N10.

2.2.2. Sieć MODBUS jako zdalna sieć pomiarowa

Właściwym przeznaczeniem sieci MODBUS jest zbieranie pomiarów. Można więc, upraszczając sprawę integracji, stwierdzić, że abonenci sieci MODBUS nie potrzebują informacji, a jedynie je dostarczają. (Tak właśnie realizowanych jest większość aplikacji z użyciem tej sieci.)



Rys. 3. Zdalna sie MODBUS zintegrowana z siecią N10
Fig. 3. Remote network MODBUS integrated with N10 network

Założenie to powoduje następujące konsekwencje (rys. 3):

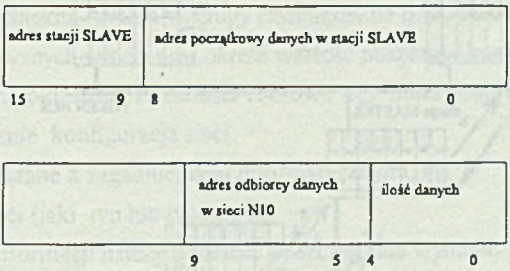
- uproszczenie i redukcja liczby wymian stacji MASTER; istotne są tylko wymiany przychodzące od strony sieci N10 do MODBUSA (4 wymiany na odczyt ze stacji SLAVE, kolejno a,b,c,d),
- uproszczone adresowanie w stacji MASTER (tylko w jedną stronę),
- brak żądań od stacji SLAVE pozwala na uproszczenie programu w stacji MASTER. Stacja MASTER nie potrzebuje danych i nie rozpoczyna żadnych transmisji. Odbiera jedynie ramki z sieci N10, dekoduje je i wysyła odpowiedzi.

3. Sposoby realizacji

Po połączeniu sterowników sieciami N10 i MODBUS, przy założeniu że sieć MODBUS jest zdalną siecią pomiarową i nie potrzebuje informacji z sieci N10, widać kilka sposobów realizacji tak postawionego zadania wymiany informacji.

3.1. Wprowadzenie wydzielonego słowa i kodowania ramki

Metoda polega na odpowiednim adresowaniu i kodowaniu w sieci N10 i przygotowaniu programu w stacji MASTER. W stacji MASTER rezerwuje się określone słowo i w pętli sprawdza jego wartość. Jeżeli abonent N10 potrzebuje danych od stacji SLAVE, przygotowuje odpowiednie słowa (ramkę)



Rys. 4. Słowa adresu
Fig. 4. The frame of adress

i wysyła je do przygotowanego słowa MASTERA. Ten po rozkodowaniu rozpoznaje rodzaj transmisji, adres slave, i adres sterownika żądającego danych, czyta dane z podanej stacji SLAVE z otrzymanego adresu i przesyła je za pomocą sieci N10.

Zalety rozwiązania :

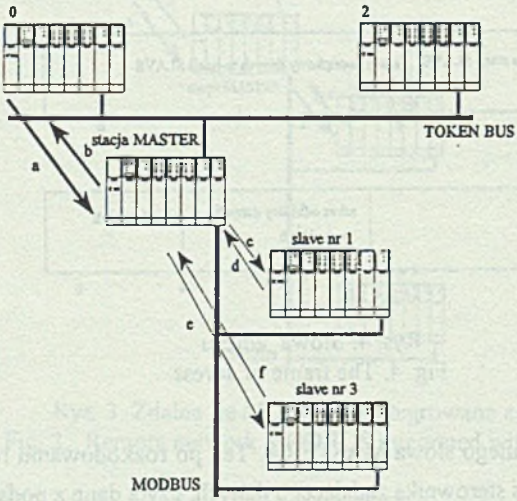
- nie zajmuje pamięci MASTERA tzn. można wysyłać duże ilości danych (w pamięci musi być miejsce na największy z przesyłanych bloków informacji + 2 na wydzielone słowo),
- transmisja MASTER-SLAVE odbywa się na żądanie, istnieje czas na diagnostykę sieci MODBUS,
- otrzymujemy aktualnie mierzoną wartość,
- uniwersalność przy zmianach konfiguracji stacji SLAVE.

Wady:

- czas dostępu do informacji jest dość długi: ramka z zapytaniem, pytanie i odpowiedź w sieci MODBUS i odesłanie ramki z danymi.,
- dość rozbudowany program w jednostce centralnej stacji MASTER,
- należy odpowiednio kodować i dekodować ramki,
- przy prawie równoczesnym żądaniu tej samej informacji przez kilku abonentów w sieci N10 czas oczekiwania gwałtownie rośnie.

3.2. Wprowadzenie w pamięci sterownika MASTER obrazu wejść wszystkich modułów slave

Jeżeli wszystkie sterowniki znają to odwzorowanie, mogą czytać zamiast stanów stacji SLAVE ich obraz w stacji MASTER. Dla sieci N10 można wykonać 1 rozkaz odczytu danych z pamięci sterownika MASTER i mieć już dane (transmisje a i b) (rys. 5).



Rys. 5. Przepływ informacji
Fig. 5. Data flow

Zalety:

- nie powoduje opóźnień przy transmisjach, informacje SA już gotowe do wysłania,
- nie jest potrzebne kodowanie i dekodowanie ramki.

Wady:

- wymagana jest dość duża ilość pamięci w stacji MASTER (co najmniej tyle, ile wszystkich wejść we wszystkich stacjach slave),
- transmisje w sieci MODBUS wykonują się ciągle cyklicznie dla wszystkich stacji SLAVE niezależnie od pojawienia się żądań odczytu (transmisje c,d,e,f), co powoduje duże obciążenie sieci MODBUS -> program w jednostce centralnej stacji MASTER powinien być jak najkrótszy,
- dane znajdujące się w pamięci stacji MASTER nie zawsze są aktualne (przy dużej ilości danych czytanych cyklicznie czas 'odświeżania' wartości może być zbyt długi dla potrzeb sterowania),
- diagnostyka w sieci MODBUS powoduje zwiększenie czasu 'odświeżania' danych.

4. Zakończenie

Przedstawione powyżej sposoby przeprowadzania wymian są uzależnione od liczby przesyłanych danych, granicznego czasu oczekiwania na dane, ilości abonentów w sieciach. Widać więc, że nie jest możliwa jednoznaczna odpowiedź, jaki sposób integracji jest najlepszy, będzie to zależało od zbyt wielu czynników. Do nich należą np. uwarunkowania wypływające z technologii sterowanego obiektu. Analiza tej grupy czynników da odpowiedź na pytania związane z liczbą danych transmitowanych w sieci oraz określi wartość poszczególnych wymian informacji. Na tej podstawie zostaną określone zależności czasowe (np. maksymalny gwarantowany czas dostępu), a z tego wyniknie konfiguracja sieci.

Inne czynniki są związane z zagadnieniami informatycznymi, np.:

- wybór struktury sieci (jaki typ lub typy sieci),
- na jak duże bloki informacji należy podzielić poszczególne wymiany informacji,
- jak dobrać prędkość transmisji i rodzaj medium transmisyjnego,
- jak określić maksymalne czasy nadawania dla poszczególnych abonentów.

Dopiero po takiej analizie można stwierdzić, że dana sieć pracuje zgodnie z przyjętymi założeniami.

LITERATURA

[1] ZS. System Product Description Manual. Communications networks. Dokumentacja techniczna. CPS Massy 1991.

Recenzent: Dr inż. Ryszard Winiarczyk

Wpłynęło do Redakcji 29 listopada 1994 r.

Abstract

The communication between others types and branches of industrial networks is presently a very big problem. Each constructor or telecommunication engineer must solving a problem with speed and big numbers of data which are circulating in network. Sometimes, the engineer must connect two different types of networks in one very large system. There are a lot of troubles with methods of adressing subscribes also. This paper shows a few methods of solving of all this problems.