ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: INFORMATYKA z. 23 Nr kol.1211

Andrzej KWIECIEŃ

ANALIZA CZASOWA SIECI PRZEMYSŁOWYCH "SYCOWAY N10" Z PROTOKOŁEM "TOKEN BUS"

Streszczenie. W pracy przedstawiony jest wpływ wielu czynników na czas przesyłania danych w sieci. Poruszony jest problem prawidłowej konfiguracji sieci, dzielenie czasu nadawania i transmisji i istnienia "dziur". Przedstawiono także prosty sposób obliczania czasu cyklu sieci.

THE TIME ANALYSIS OF INDUSTRY NETWORK 'SYCOWAY N10' WORKING UNDER 'TOKEN BUS' PROTOCOL

Summary. The influences some factor on exchange data cycle time are presented. The problems connected with property configurations industry networks, dividing the speach and transmision time and gaps existing are described. The simply method of network cycle time calculation is showed.

L'ANALYSE TEMPORELLE DE RÉSEAUX INDUSTRIELLES "SYCOWAY N10" AVEC LE COMMUNICATION "TOKEN BUS"

Résumé. Dans l'article il est présenté une influence au temps de transmission des données dans le réseau. Il est touché le problème de configuration correcte de réseau, division de temps d'émission et transmission et aussi d'existence des ,,trous''. Il est présente aussi une méthode simple de calcule du cycle de réseau.

1. Wstęp

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.

Przedmiotem niniejszego opracowania jest dokonanie analizy czasowej sieci pozwalającej na prawidłową jej konfigurację i parametryzację czasową. Aby tego dokonać, należy omówić protokół dostępu do łącza oraz mechanizm kontroli czasu nadawania.

Z punktu widzenia analizy czasowej są bez znaczenia funkcje (rozkazy), jakie mogą realizować poszczególni abonenci. Tak więc nie jest istotna treść ramek danych. Należy jedynie pamiętać, że w sieci SYCOWAY N10 będącej firmową (CEGELEC FRANCJA) aplikacją przemysłową sieci z dostępem TOKEN RING:

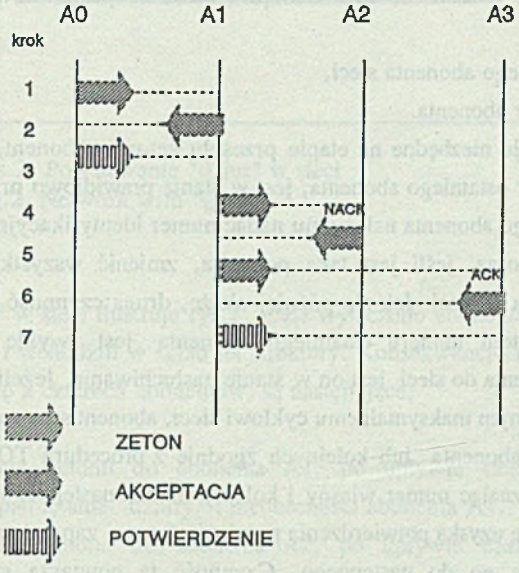
- ramka serwisowa składa się z dwóch bajtów,
- ramka danych jest poprzedzona 7-bajtowym nagłówkiem,
- ramki danych są zmiennej długości, ale zwykle ich całkowita długość nie przekracza 255 bajtów,
- do każdej ramki dołączone jest dwubajtowe słowo kontrolne CRC 16.

2. Opis wymiany informacji

W protokole dostępu do łącza wyróżnia się dwa typy ramek:

- dwubajtowe ramki serwisowe, do których należy między innymi tzw. żeton,
- 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). Sposób wymiany informacji przedstawia rys.1.



Rys. 1. Algorytm przekazywania żetonu
Fig. 1. Token passing alghorithm

W kroku 1 abonent A0 przesyła żeton do abonenta A1,który w określonym czasie oczekuje ramki serwisowej - akceptacji. Następuje to w kroku 2. W kroku 3 abonent A0 wysyła ramkę zezwolenia na przejęcie żetonu przez abonenta A1. W kroku 4 abonent A1 wysyła ramkę danych do abonenta A2 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 w naszym przykładzie abonent A1 wysyła dane do abonenta A3 (krok 6) i otrzymuje pozytywne potwierdzenie.

(krok 7 tzw.ACK), po czym rozpoczyna procedurę wysłania żetonu do Abonenta A2 (kroki 8,9 i 10). Tak przedstawia się procedura przesyłania żetonu w sieci skonfigurowanej i w obecności wszystkich abonentów. Bardzo często zdarza się jednak, że abonent jest nieobecny na skutek awarii lub planowego jego odłączenia. Mamy wtedy do czynienia ze zjawiskiem pojawiania się tzw."dziur" w sieci. Innym razem istnieje konieczność wkomponowania nowego abonenta do sieci. Oba te zjawiska wymagają wyjaśnienia.

2.1. Wprowadzanie nowego abonenta i generacja żetonu

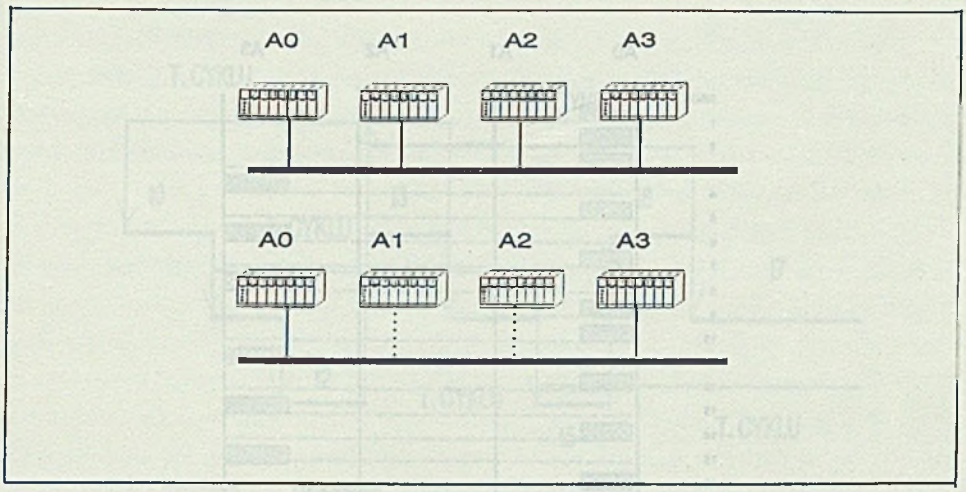
Każdy abonent w sieci ma ustalone sprzętowo lub programowo dwa bardzo istotne parametry:

- numer ostatniego abonenta sieci,
- własny numer abonenta.

Są to informacje niezbędne na etapie przesyłu żetonu. Abonent, znając własny numer w sieci oraz numer ostatniego abonenta, jest w stanie prawidłowo przesłać żeton. W chwili przyłączenia nowego abonenta należy mu nadać numer identyfikacyjny różny oczywiście od już istniejących oraz, jeśli jest taka potrzeba, zmienić wszystkim abonentom numer ostatniego abonenta w sieci. Jak się później okaże, druga czynność polegająca na zmianie wszystkim abonentom numeru ostatniego abonenta jest zwykle konieczna. W chwili przyłączenia abonenta do sieci jest on w stanie nasłuchiwania. Jeżeli nie zostanie odebrany żeton w czasie równym maksymalnemu cyklowi sieci, abonent sam generuje żeton i przesyła go do następnego abonenta lub kolejnych zgodnie z procedurą TOKEN PASS. Abonent posiadający żeton znając numer własny i kolejny numer następnego abonenta przesyła do niego żeton.Jeśli nie uzyska potwierdzenia przyjęcia żetonu, zapamiętuje numer nieobecnego abonenta i przesyła go do następnego. Czynność ta powtarza się aż do uzyskania potwierdzenia przyjęcia żetonu. Abonent, który przesłał potwierdzenie przyjęcia żetonu, jest uważany za "następnego" w sieci, a numery wszystkich poprzednich, którzy nie przesłali potwierdzenia przyjęcia żetonu, są zapamiętane, a odpowiadający im abonenci są uważani za "nieobecnych". Każdy nieobecny abonent tworzy w strukturze sieci"dziurę".

2.2. Powstawanie "dziur" w sieci

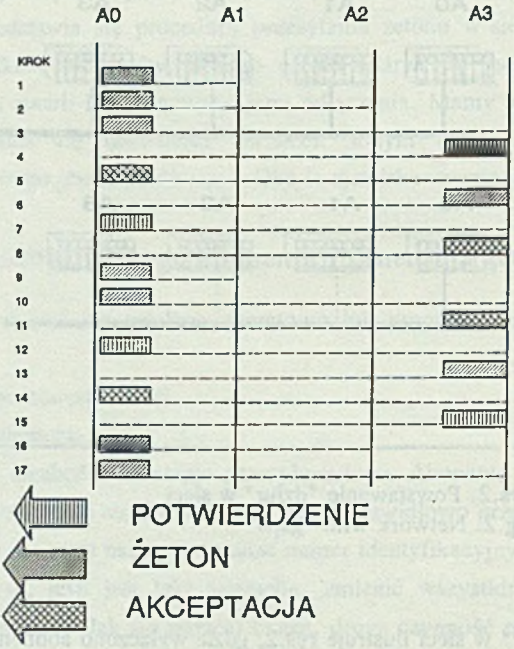
Jest istotna różnica pomiędzy wprowadzeniem nowego abonenta do sieci a powtórnym przyłączeniu abonenta, który w niej już egzystował. Wiąże się to zarówno z numerami abonenta, jak i programową strukturą sieci, którą "rozpoznają"i zapamiętują wszyscy abonenci.



Rys.2. Powstawanie "dziur" w sieci
Fig.2. Network with "gaps"

Powstawanie "dziur" w sieci ilustruje rys.2, gdzie wyłączono abonenta A1 i A2 z sieci, w której egzystowali i wchodzili w skład jej struktury. Konsekwencje takiego stanu rzeczy (rys.3.- sieć składa się z czterech abonentów) są następujące:

- krok 1 - wysłanie żetonu do abonenta A1, po upływie czasu oczekiwania na potwierdzenie zapamiętanie "dziury" i nieobecności abonenta A1,
- krok 2 - wysłanie żetonu do abonenta A2, po upływie czasu oczekiwania na potwierdzenie, zapamiętanie "dziury" i nieobecności abonenta A2,
- krok 3 - wysyłanie żetonu do abonenta A3, po uzyskaniu potwierdzenia zapamiętanie numeru abonenta A3 jako następnego obecnego w sieci,
- kroki 4,5,6,7,8 - ponowne przyjęcie przez abonenta A0 żetonu od ostatniego w sieci abonenta A3,
- krok 9 - próba wysłania żetonu do pierwszego nieobecnego abonenta A1, po upływie czasu oczekiwania na potwierdzenie przesłanie żetonu do abonenta A3,
- kroki 10,11,12,13,14,15 - przesłanie żetonu od abonenta A0 do abonenta A3 i ponowne uzyskanie żetonu przez abonenta A0 od abonenta A3,
- kroki 16,17 - próba wysłania żetonu do drugiego nieobecnego abonenta A2,po upływie czasu oczekiwania na potwierdzenie przesłanie żetonu do abonenta A3.



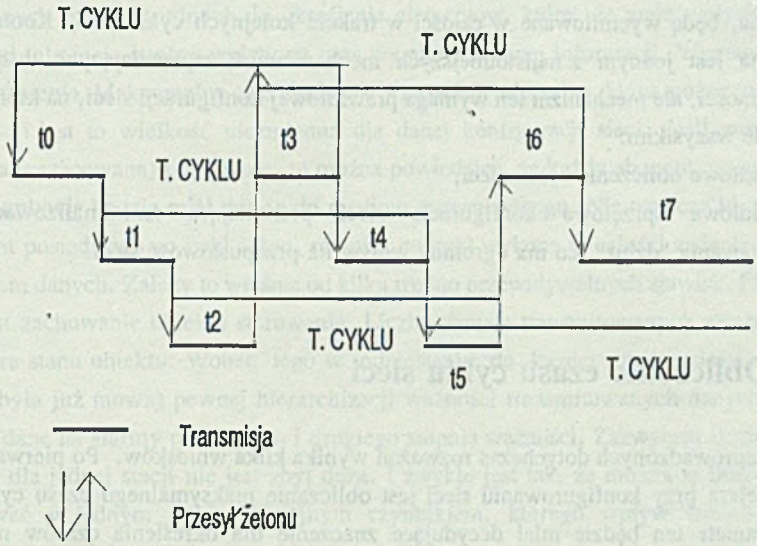
Rys. 3. Transmisja w sieci z dziurami
Fig. 3. Transmision with "gaps" in network

Od tego momentu cykl się zamyka. Widać stąd, że ponowne wprowadzenie abonenta do sieci odbędzie się automatycznie po kilku cyklach sieci. Jeżeli w sieci jest N (N > 1) "dziur" (nieobecnych abonentów), to aby wszyscy nieobecni abonenci zostali przyłączeni do sieci, wymaganych jest N cykli sieci. Ma to istotne znaczenie przy obliczaniu maksymalnego czasu cyklu.

3. 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, musi istnieć mechanizm kontroli czasu nadawania. Ilustruje to rys.4.

Abonent, który odebrał żeton, rozpoczyna odmierzanie czasu równego cyklowi sieci i oczywiście rozpoczyna nadawanie (czas t_0), 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 A2) żetonu do



Rys. 4. Kontrola czasu nadawania
Fig. 4. Checking of transmision time

abonenta A0, ten ostatni może nadawać jedynie przez czas, który pozostał do zakończenia okresu cyklu sieci (czas t_3), a ponadto rozpoczyna odmierzanie interwału czasowego, równego czasom cyklu. Po zakończeniu nadawania (czas t_3) abonent A0 przesyła żeton do kolejnego abonenta, który powtarza tę samą procedurę.

Tak więc widać, że transmisja każdego z abonentów jest limitowana, toteż w tego typu sieciach występują dwie klasy transmisji:

- zwykła,
- superpilna.

Dlatego programista powinien pamiętać o przestrzeganiu następujących reguł nadawania po uzyskaniu żetonu przez abonenta:

- najpierw powinien być transmitowany komunikat najpilniejszy z listy komunikatów superpilnych (wybór, który z komunikatów jest najpilniejszy, pozostawia się programiście),
- w następnej kolejności należy emitować pilne komunikaty, pod warunkiem że nie upłynął czas nadawania,
- kolejnymi komunikatami mogą być tak zwane zwykłe komunikaty, pod warunkiem że nie upłynął czas nadawania.

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.

4. Obliczanie czasu cyklu sieci

Z przeprowadzonych dotychczas rozważań wynika kilka wniosków. 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.

Przy obliczaniu czasu cyklu sieci należy brać pod uwagę następujące czynniki:

- czas cyklu transmisji żetonu z uwzględnieniem planowanej maksymalnej liczby "dziur",
- czas transmisji komunikatu ramki o maksymalnej długości,
- czas przetwarzania ramki przy jej odbiorze i emisji,
- czas detekcji ramki,
- prędkość transmisji.

Są to czynniki wymierne, stosunkowo łatwe do oszacowania. Poza nimi występuje cały szereg innych bardzo trudnych do określenia elementów, które nie mają wpływu na czas cyklu sieci, ale mają istotny wpływ na czas wymiany żądanej informacji. Wymaga to kilku słów wyjaśnienia. Maksymalny czas cyklu jest wielkością mierzalną, którą można precyzyjnie wyliczyć i jest to wielkość niezmienna dla danej konfiguracji sieci. Jeśli zostanie ona wyliczona (oszacowana) poprawnie, to można powiedzieć, że każdy abonent ma gwarancję, że po jej upływie będzie miał dostęp do medium transmisyjnego. Nie oznacza to natomiast, że abonent posiadający co cykl żeton, również co cykl wykona w całości zadanie związane z przesyłem danych. Zależy to właśnie od kilku trudno przewidywalnych zjawisk. Pierwszym z nich jest zachowanie obiektu sterowania. Liczba danych transmitowanych zależeć będzie od wektora stanu obiektu. Wobec tego w odniesieniu do każdej stacji należy dokonać (o czym była już mowa) pewnej hierarchizacji ważności transmitowanych danych. Należy podzielić dane na alarmy pierwszego i drugiego stopnia ważności. Zazwyczaj liczba danych tego typu dla jednej stacji nie jest zbyt duża. I zwykle jest tak, że można tę liczbę danych wyemitować w jednym cyklu. Kolejnym czynnikiem, którego wpływ trudno określić precyzyjnie, również związanym z obiektem, jest program realizujący algorytmy sterowania, regulacji monitorowania rezydujący w jednostce centralnej stacji abonenckiej.

Mówiąc o programie należy mieć na uwadze:

- długość, a zatem czas realizacji pojedynczej pętli programu; im czas ten jest dłuższy, tym rzadziej koprocesor sieci ma dostęp do danych, które mają być transmitowane i wydłuża się czas cyklu transmisji danych, a nie czas cyklu sieci-ten bowiem jest stały,
- uwarunkowania w programie; czasami program główny musi czekać na spełnienie określonego warunku, aby dane do transmisji były ważne.

Powyższe uwagi sugerują zwracanie bacznej uwagi na optymalne, pod względem czasu wykonania, opracowywanie algorytmów sterowania i regulacji. Trudno w tym miejscu dać jakieś konkretne recepty poza ogólnikowymi wskazówkami. Dopiero doświadczenie programisty połączone z bardzo wnikliwą analizą procesu, który ma być algorytmizowany, da gwarancję optymalnego wykorzystania sieci. Tak więc podsumowując, należy wyraźnie rozgraniczyć wielkość określoną jako maksymalny czas cyklu sieci, od maksymalnego czasu cyklu pełnej wymiany informacji.

4.1. Maksymalny czas wymiany żetonu

4.1.1. Przypadek sieci bez "dziur"

Przypomnijmy, że brak "dziur" w sieci oznacza, że nie jest przerwana sekwencja w numerowaniu kolejnych abonentów. W tym przypadku cykl przesyłu żetonu T_2 jest równy

czasowi potrzebnemu do przesłania trzech (żeton-potwierdzenie-akceptacja-patrz p.1.) pomnożonemu przez liczbę abonentów LA. Czas wymiany żetonu wynosi:

$$T_Z=3*T_{RS}*LA \qquad (1)$$

gdzie:

- T_{RS}- jest globalnym czasem emisji jednej ramki serwisowej, na który składają się:
- czas transmisji ramki T_T,
- czas obsługi programowej T_S,
- czas detekcji końca ramki T_A,
- LA liczba abonentów,

czyli:

$$T_Z=3*(T_T+T_S+T_A)*LA \qquad (2)$$

4.1.2. Przypadek sieci z "dziurami"

W przypadku występowania "dziur" do czasu $T_Ż$ należy dodać czas T_D pomnożony przez liczbę dziur LD, na który składają się:

- T_W - czas oczekiwania na akceptację żetonu,
- T_S - czas obsługi programowej ramki .

Tak więc opóźnienie związane z istnieniem "dziur" można wyrazić następująco:

list $$T_d=2*(T_w+T_s)*ND \qquad (3)$$

Zatem w ogólnym przypadku, maksymalny czas cyklu transmisji żetonu wynosi:

$$T_Z=3*(T_T+T_S+T_A)*LA+2*(T_W+T_S)*ND \qquad (4)$$

4.2. Maksymalny czas cyklu sieci z transmisją

Obliczmy najpierw maksymalny czas nadawania danych maksymalnej długości przez jednego abonenta. Na czas ten składają się:

- czas emisji ramki o maksymalnej długości T_{TMAX},
- czas transmisji potwierdzenia (ACK lub NACK), T_P,
- 2 x czas obsługi programowej T_S,
- 2 x czas detekcji końca ramki T_A.

Tak więc można zapisać, że maksymalny czas transmisji jednej ramki danych wynosi:

$$T_{MAX}=T_{TMAX}+T_P+2*T_S+2*T_A \qquad (5)$$

Stąd maksymalny czas nadawania wszystkich abonentów przy uruchomionym mechanizmie kontroli czasu nadawania wynosi:

$$T=LA*T_{MAX} \qquad (6)$$

a maksymalny czas cyklu sieci jest równy:

$$T_{CS}=T+T_Z$$

$$T_{CS}=LA*(T_{TMAX}+T_P+2*T_S+2*T_A)+3*(T_T+T_S+T_A)*LA+2*(T_W+T_S)*ND$$

$$T_{CS}=LA*(T_{TMAX}+T_P+5*T_S+5*T_A+T_T)+2*ND*(T_W+T_S) \qquad (7)$$

Wyrażenie (6) można napisać inaczej, biorąc pod uwagę indywidualny czas nadawania danych przez poszczególnego abonenta:

$$T=\sum_{i=1}^{LA} T_{TMAX}(i)+LA*(2*T_S+2*T_A+T_P)$$

gdzie $T_{TMAX}(i)$ jest maksymalnym czasem nadawania i- tego abonenta.

Wtedy wyrażenie (7) przyjmie postać:

$$T_{CS}=\sum_{i=1}^{LA} T_{TMAX}(i)+LA*(5*T_S+5*T_A+T_P+T_T)+2*ND*(T_W+T_S) \qquad (8)$$

Należy podkreślić, że wyrażenie (8) przedstawia maksymalny czas cyklu sieci, co nie jest równoznaczne z czasem niezbędnym do realizacji wszystkich wymian w sieci.

5. Wnioski

Przy konfigurowaniu sieci przemysłowych należy brać pod uwagę dwie grupy czynników. Pierwsza dotyczy uwarunkowań wypływających 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). Na tej podstawie powstanie konfiguracja sieci i dojdzie do głosu druga grupa czynników już blisko związana z zagadnieniami informatycznymi. Na tym etapie należy szukać odpowiedzi na takie pytania, jak:

- które i ile wymian ma mieć status superpilny,
- na jak duże bloki informacji należy podzielić poszczególne transmisje (wymiany informacji),
- jak dobrać prędkość transmisji i rodzaj medium transmisyjnego,
- jak określić maksymalne czasy nadawania dla poszczególnych abonentów.

Dopiero kompleksowa i nie rozłączna analiza obu wspomnianych grup czynników pozwoli na wiarygodne i spełniające wymagania technologiczne skonfigurowanie sieci przemysłowej.

LITERATURA

[1] Alspa ZS. Communications networks. CGEE ALSHTOM Dokumentacja techniczna. CPS, Massy 1991.

[2] ZS System Programming manual. Communications networks. DPS 50701 bA CEGELEC. Dokumentacja techniczna. CPS, Massy 1991.

[3] ZS System Product Description Manual. Communications Networks DPS 50211 bA CEGELEC. Dokumentacja techniczna. CPS, Massy 1991.

[4] Praca zbiorowa napisana pod kierunkiem Andrzeja Grzywaka "Lokalne sieci komputerowe mikrokomputerów personalnych". Politechnika Śląska. Skrypt uczelniany nr 1682. Gliwice 1992,

[5] "Computer Networks". A.S. Tanenbaum, Prentice Hall 1981.

Wpłynęło do Redakcji 19.lutego 1993 r.

Abstract

This paper try to show the method of time-analysis of industry network "SYCOWAY N 10". Description data exchange including token generation for network with "gaps" are presented (Fig.1., Fig.2.). Limitation speaking time for all subscribers on the industry network is very important. Checking the speaking time is explained in the Chapter 3 (Fig.3.). The importance appointment of data exchange in the Chapter 3 is also explained. Chapter 4 showed the methods of calculating the networks cycle-time including two cases:

- network without "gaps",
- network with "gaps".

Thanks the rules from (1) to (8) programmer can calculate the total maximum data exchange time on the network SYCOWAY N 10.