

Andrzej KWIECIEN, Zbigniew BIGEWSKI, Zdzisław MRÓWKA
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

ANALIZA CZASU NAJGORSZEGO PRZYPADKU W SIECIACH PRZEMYSŁOWYCH

Streszczenie. W pracy przedstawiono ogólne metody „najgorszego przypadku” służącą analizie przepływu informacji w sieciach przemysłowych. Przedstawiono również w oparciu o nią przykładową analizę sieci o protokole TOKEN-BUS. Zaprezentowano ponadto analizę przepływu informacji w sieci N-80 i FIP popartą pomiarami.

TIME ANALYSIS OF DATA FLOW IN THE INDUSTRIAL NETWORKS – THE WORST CASE OF DATA TRANSFER

Summary. This article presents the basic description network time parameters. It discusses the mathematical questions of data exchange timing in the worst case. This article presents timing in TOKEN-BUS protocol and results of practically experiences in N80 and Fip networks.

1. Wstęp

Zastosowanie komunikacyjnych systemów sieciowych w układach automatycznego sterowania staje się powszechne. Wymóg ich stosowania jest związany ze stosowaniem sterowników swobodnie programowalnych (PLC), które stanowią stacje abonenckie systemu rozproszonego. Rozbicie, zarówno terytorialne, jak również funkcjonalne, systemu sterowania na szereg podsystemów, będących w szerokim zakresie autonomicznymi, stawia określone zadania przed sieciowym systemem komunikacyjnym [4].

Wśród wielu cech, którymi powinny się wyróżniać przemysłowe sieci komputerowe [3], jest jedna, dotycząca gwarantowanego czasu dostępu do medium każdego abonenta [3]. Wymóg zdeterminowanego w czasie dostępu do sieci jest oczywisty. Jego spełnienie

gwarantują zarówno protokoły komunikacyjne, jak i budowa sterowników PLC. Sam fakt, że określony system komunikacyjny spełnia omawiany warunek determinizmu czasowego, jest niewystarczający dla prawidłowej, zgodnej z wymaganiami technologii, konfiguracji sieci czy też dla prawidłowego procesu projektowania systemu wymiany informacji. Niezbędne staje się przeprowadzenie procesu analizy czasowej przepływu informacji w sieci. Kryteria czasowe są związane bowiem nie tylko z parametrami technicznymi samej sieci, ale w dużo większym stopniu ze zjawiskami zachodzącymi na styku „sieć–koprocessor–jednostka centralna abonenta”. Na owym łączu narzuty czasowe są decydujące o całkowitym czasie wymiany informacji w sieci.

W celu dokonania pełnej analizy procesu przepływu informacji w sieci można się posłużyć metodami analitycznymi [1] opartymi na pewnych modelach sieci lub metodami symulacyjnymi [2]. W odniesieniu do jednej i drugiej grupy metod można mieć pewne zastrzeżenia związane z dokładnością uzyskanych rezultatów. Jest to problem dość istotny dla sieci przemysłowych bezpośrednio związanych ze sterowaniem i regulacją procesu technologicznego. Obie grupy metod nie odpowiadają precyzyjnie na pytanie, czy sieć, a także cały system sterowania są w stanie obsłużyć zjawiska związane z „lawiną” zdarzeń obiektowych. I nie chodzi tu o odpowiedź obciążoną pewnym poziomem ufności, lecz o absolutną gwarancję realizacji obsługi zdarzeń w nieprzekraczalnym, zadanym przedziale czasu.

2. Metoda „najgorszego przypadku”

Celem metody „najgorszego przypadku” jest wyliczenie maksymalnego czasu cyklu wymiany informacji w sieci przemysłowej. Metoda ta bierze pod uwagę następujące elementy:

- typ i rodzaj deterministycznego protokołu dostępu do łącza,
- rodzaje wymian uwzględniane przez protokół (w tym wymiany cykliczne i wyzwalane),
- zjawiska zachodzące na łączu „koprocessor sieci–medium”,
- zjawiska zachodzące na łączu „koprocessor sieci–jednostka centralna” abonenta sieci,
- czas realizacji programu aplikacyjnego wykonywanego w jednostce centralnej.

Analiza protokołu, komunikacji i zjawisk zachodzących na styku koprocessor–jednostka centralna doprowadza do pewnych prostych zależności, pozwalających określić czasy transmisji danych użytkowych i serwisowych. I tak na przykład dla sieci o dostępie TOKEN-BUS maksymalny czas pojedynczej transmisji pomiędzy dwoma abonentami można przedstawić zależnością (1)

$$T_{MAXi} = T_{RP} + T_{TD} + T_{AD} + T_P \quad (1)$$

gdzie:

T_{RP} – suma maksymalnych czasów realizacji pojedynczych cykli programów aplikacyjnych jednostek centralnych abonentów, którzy pomiędzy sobą dokonują pojedynczej transakcji wymiany danych,

T_{TD} – czas związany z przygotowaniem ramki do transmisji i jej emisją,

T_{AD} – sumaryczny czas detekcji i analizy ramek u dwóch abonentów,

T_P – czas niezbędny do realizacji transmisji potwierdzenia.

Szczegółowiej można poszczególne składowe zależności (1) przedstawić następująco:

$$T_{RP} = 2 \times T_{Ai} + T_{Aj} \quad (2)$$

gdzie:

T_{Ai} – maksymalny czas realizacji pojedynczego cyklu programu aplikacyjnego abonenta, który jest nadawcą danych lub inicjatorem żądania transmisji danych,

T_{Aj} – maksymalny czas realizacji pojedynczego cyklu programu aplikacyjnego, ale abonenta, który jest adresatem,

$$T_{TD} = T_{PRi} + T_{TRi} \quad (3)$$

gdzie:

T_{PRi} – czas przygotowania ramki u nadawcy,

T_{TRi} – czas transmisji ramki od nadawcy,

$$T_{AD} = 2 (T_{DR} + T_{AR}) \quad (4)$$

gdzie:

T_{DR} – czas detekcji ramki u abonenta,

T_{AR} – czas analizy ramki u abonenta (jest to wielkość będąca parametrem koprocatora),

$$T_P = T_{TRj} + T_{PR}$$

gdzie:

T_{TRj} – czas transmisji ramki potwierdzenia wysyłanej przez adresata,

T_{PR} – czas przygotowania ramki serwisowej u adresata.

Biorąc pod uwagę liczbę abonentów sieci L_A , uzyskamy następującą zależność określającą maksymalny czas realizacji wszystkich wymian danych użytkowych w sieci:

$$T_{MAX} = 3 \sum_{i=1}^{L_A} T_{Ai} + \sum_{i=1}^{L_A} (T_{PRi} + T_{TRi}) + L_A(2(T_{DR} + T_{AR}) + T_{TP}) \quad (5)$$

Biorąc pod uwagę dodatkowy czas związany z transmisją ramek serwisowych i pewien narzut czasowy na występujące w sieciach o protokole TOKEN-BUS zjawiska powstawania „dziur”, uzyskamy następującą zależność na maksymalny czas trwania pojedynczego cyklu wymiany informacji w sieci:

$$T_C = T_Z + T_D + T_{MAX} \quad (6)$$

gdzie:

T_Z – czas transmisji żetonu w czasie pojedynczego cyklu pracy sieci,

T_D – czas związany z obsługą tzw. „dziur” w sieci, który również można precyzyjnie obliczyć.

Przedstawione w niniejszej pracy zależności od (1) do (6) są rezultatem prac związanych z badaniem przepływu informacji w sieciach. Podobne rozumowanie można przeprowadzić dla sieci o protokole MASTER-SLAVE lub PRODUCENT-DYSTRYBUTOR-KONSUMENT.

Z dotychczasowych rozważań wynika, że dla prawidłowej oceny czasu trwania cyklu sieci należy brać pod uwagę, oprócz protokołu, co jest oczywiste, również własności koprocatora (jego dane techniczne), a także czas realizacji programów aplikacyjnych.

Metoda „najgorszego przypadku” nie tylko pozwala na precyzyjne określenie maksymalnego czasu trwania pojedynczego cyklu sieci, ale również wskazuje źródła opóźnień, dzięki czemu można poszukiwać rozwiązań generalnie przyspieszających realizację wymian w sieci (na przykład, bardziej optymalne pod względem czasu realizacji tworzenie oprogramowania aplikacyjnego rezydującego w stacjach abonenckich).

Metoda ta również jest bardzo pomocna przy konfigurowaniu sieci przemysłowej. Dzięki niej potrafimy precyzyjnie określić takie parametry, jak czasy gotowości i odpowiedzi abonentów, graniczne wartości czasów nadawania, co zapobiega monopolizacji łącza. Wszystko to prowadzi do sformułowania pytania rodzącego się na etapie projektowania systemu sieciowego, czy system ów spełni wymagania sterowane przez technologię. Metoda „najgorszego przypadku” była stosowana już wielokrotnie przy tworzeniu rozległych, rozproszonych systemów sieciowych, pracujących od wielu lat z powodzeniem na licznych obiektach w kraju i za granicą.

3. Weryfikacja wyników

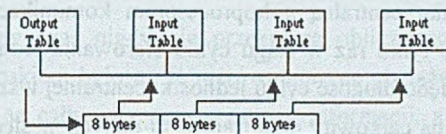
3.1. Opis sieci N80

Sieć N80 jest siecią z przekazywaniem żetonu, przy czym żeton przekazywany jest od urządzenia o adresie 0 do urządzenia o adresie 31, niezależnie od tego, czy urządzenie istnieje czy nie. Nieużywane adresy abonentów nieobecnych obsługiwane są z niewielkim nakładem czasowym (ok. 0,026 ms). Wszelkie transmisje w sieci są transmisjami typu „rozgłoszenie” i nie wymagają dodatkowej ramki potwierdzenia odbioru. Każde urządzenie w sieci odbiera więc wszelkie transmitowane w sieci dane, natomiast może nadawać tylko wtedy, gdy otrzyma żeton.

Transmisja danych ze sterownika odbywa się za pomocą specjalnego modułu komunikacyjnego zapewniającego automatyczną wymianę zmiennych globalnych pomiędzy

31 abonentami sieci. Zmienne globalne transmitowane są cyklicznie. W każdym cyklu sieci moduł może wysłać do 128 bajtów danych z dokładnie jednego wybranego obszaru pamięci sterownika. Ponieważ wszystkie wymiany realizowane są jako rozgłoszenie, te same dane mogą być dostępne w innych urządzeniach pod tym samym adresem lub mogą być umieszczane w innych obszarach.

Dla przykładu jeden sterownik może wysłać swoje wyjścia, które będą traktowane jako wejścia w innych sterownikach. Używa się wtedy parametrów konfiguracji, takich jak długość odbieranego komunikatu i przesunięcie (ang. *length i offset*).



Rys. 1. Przykład wysyłania jednego komunikatu

Fig. 1. Examples of message sending

Aby sieć przemysłowa mogła pracować w systemach sterowania czasem rzeczywistego, powinna mieć zdeterminowany czas dostępu do łącza. Parametrem ograniczającym czas wymiany informacji w sieci N80 jest określona liczba przesyłanych zmiennych i liczba abonentów sieci. W każdym cyklu sieci moduł komunikacyjny może zapisać do jednostki centralnej dane od 31 abonentów po 128 bajtów zmiennych globalnych od każdego. Pozwala to precyzyjnie oszacować czas dostępu do łącza dla najgorszego przypadku. Jeżeli sterownik nie potrzebuje wszystkich nadawanych komunikatów, można zignorować część lub całość nadawanego komunikatu, jednakże nie wpływa to na całkowity czas przesyłanej informacji, gdyż filtrowana jest ona na łączu pomiędzy koprocесором komunikacyjnym i jednostką centralną sterownika.

Z powyższego opisu wynika, iż sieć N80 posiada architekturę typu producent/konsument. Modele sieci tego typu są zorientowane na opis wymiany danych. W sieci N80 występuje zawsze jeden producent i N konsumentów. W danym momencie czasowym istnieje jeden element dostarczający dane i wielu konsumentów potrzebujących tej samej danej w tym samym czasie. Zwykle w sieciach tego typu występuje element pośredniczący w wymianie informacji zwany dystrybutorem. Rolę dystrybutora może pełnić arbiter sieci, gdzie zapisany jest cały scenariusz wymian lub, tak jak w przypadku sieci N80, rolę tę może pełnić „żeton”, przy założeniu że każdy abonent jest producentem tylko jednej zmiennej.

3.2. Obliczanie czasu wymiany informacji

Aby obliczyć maksymalny czas dla wymiany informacji w sieci N80, należy dla danej konfiguracji sieci określić kilka parametrów składowych. Pierwszym z nich będzie określenie

czasu, jaki jest potrzebny na obsługę wszystkich adresów sieciowych. Będzie on zależny tylko od liczby aktywnych abonentów w sieci. Drugim parametrem jest czas potrzebny na przesłanie wszystkich danych globalnych, który oczywiście w największym stopniu zależy od ich liczby i prędkości transmisji. Ponieważ w sieci tej nie występują ramki potwierżeń, w analizie czasu przesyłania informacji konieczne jest wzięcie pod uwagę czasu związanego z transmisją danych w obrębie sterownika, tzn. czasu reakcji na zaistniałą zmianę wektora stanu obiektu. Jeżeli abonent odbierający dane reaguje na ich zmianę poprzez zmianę swojego komunikatu, konieczne jest w analizie czasu wymiany informacji uwzględnienie przesyłów danych pomiędzy jednostką centralną a koprocesorem komunikacyjnym. Wymiana tych danych może się odbywać tylko raz w ciągu cyklu sterowania jednostki centralnej danego sterownika, z tego też względu długość cyklu jednostki centralnej wszystkich abonentów sieci będzie miała duży wpływ na całkowity czas transmisji danych w sieci z potwierdzeniem ich odbioru. Pomimo iż analizowana sieć jest siecią o dostępie TOKEN-BUS, to zależności (1) do (6) nie można wykorzystać w pełni, gdyż, jak już wspomniano, w sieci N80 występuje co prawda transmisja zetonu, ale generalnie jest to sieć typu producent-dystrybutor-konsument.

W analizowanym przykładzie stanowisko laboratoryjne składało się z dwóch sterowników przemysłowych, z których każdy transmitował 128 bajtów danych. Prędkość transmisji wynosiła 153,6 Kb/s. Biorąc zatem pod uwagę zależności (1) do (6) i specyfikę sieci N80, czas wymiany informacji dla najgorszego przypadku będzie wynosił:

$$\text{czas odpowiedzi} = 2(T_{A1}) + (T_{TD1} + T_{TD2}) + 2(T_{A2}) \quad (7)$$

gdzie:

T_{A1} – czas cyklu jednostki centralnej,

T_{TD1} – czas potrzebny na transmisję danego komunikatu.

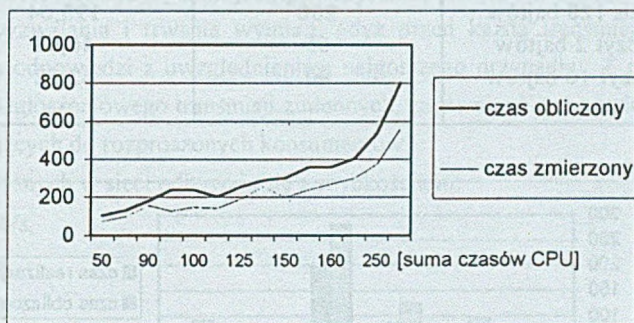
W obliczeniach czasu T_{TD1} wzięto pod uwagę liczbę bajtów nadmiarowych w komunikacie, obsługę adresów dla 32 abonentów oraz prędkość transmisji. Czas związany z samą transmisją komunikatów dla analizowanego przykładu wynosi 19,5 ms. Przeprowadzono obliczenia dla różnych czasów jednostek centralnych sterowników. Dla porównania otrzymanych wyników przeprowadzono doświadczalny pomiar czasu przesyłu komunikatów dla tysiąca próbek dla każdej konfiguracji czasów jednostek centralnych. Czas wymiany informacji był mierzony programowo dla każdego sterownika osobno. Otrzymane wyniki czasów, podane w milisekundach, zawiera tabela 1.

Tabela 1

Wyniki obliczeń

CPU1	CPU2	Czas obliczony	Czas zmierzony
100	60	359	239
40	60	239	130
190	60	539	374
190	190	799	561
75	25	239	149
25	25	104	73
135	25	359	268

Jak widać, zmierzony czas nigdy nie przekracza obliczonego czasu dla najgorszego przypadku. Drugim wnioskiem było to, iż nierównomierne obciążenie jednostek centralnych abonentów nie wpływa na całkowity czas wymiany informacji, a wpływ ma jedynie suma wszystkich czasów cykli tych jednostek, co przedstawiono na wykresie.



Rys. 2. Porównanie wyników
Fig. 2. Compare the results

W przypadku nieprecyzyjnego określenia czasów wymiany informacji lub niebrania pod uwagę istotnych czynników, mających wpływ na jego wartość, wyniki obliczeń mogą się mijać z rzeczywistością. Dla przykładu, dla sieci Modbus często podawane są w literaturze wzory pozwalające oszacować czas wymiany informacji, jednak nie jest w nich brany pod uwagę czas realizacji obliczeń sum kontrolnych, który zależy od długości ramki. Dla zbadania tych zależności zbudowano stanowisko laboratoryjne składające się z dwóch sterowników różnych typów połączonych siecią Modbus. Korzystając ze wzoru:

$$T_{Wi} = T_{PRi} + T_{TRi} + T_{DR} + T_{ARj} + T_{Aj} + T_{PRj} + T_{TRj} + T_{DR} + T_{ARi} + T_{Ai} \quad (8)$$

gdzie :

T_W – czas wymiany informacji,

T_{PRi} – czas przygotowania ramki,

T_{Ri} – czas transmisji ramki,

T_{LDR} – czas detekcji ramki,

T_{AR} – czas analizy ramki,

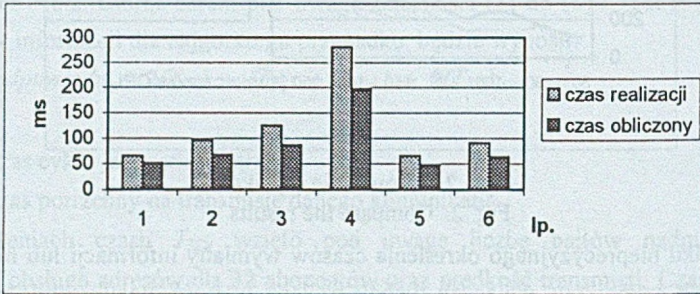
T_A – czas cyklu automatu,

obliczono i zmierzono czasy dla kilku standardowych wymian sieciowych.

Tabela 2

Obliczenia dla sieci Modbus

Warunki testowe: Modbus RTU , 9600, ODD, 1 bit stopu cykl JC Alspa 80-35 = 6ms - slave cykl JC C170 = 1ms master		
opis funkcji	czas realizacji [ms]	czas obliczony [ms]
zapis 2 bajtów	65	51,26
zapis 16 bajtów	95	67,3
zapis 32 bajtów	125	85,6
zapis 128 bajtów	280	195,64
odczyt 2 bajtów	65	46,68
odczyt 16 bajtów	90	62,72



Rys. 3. Porównanie wyników dla sieci Modbus

Fig. 3. Compare results for Modbus network

Analizując czas wymiany, uwzględniono (zgodnie z metodą „najgorszego przypadku”) czas związany z przygotowaniem ramki T_{PRi} , ale celowo przyjęto jego stałą wartość. W rezultacie analizy (patrz tabela 2) uzyskano wyniki różniące się w znaczny sposób. Nie uwzględniono bowiem, iż wielkość T_{PRi} będzie ściśle zależec od długości ramki, co wpłynie chociażby na czas realizacji algorytmu obliczania sumy kontrolnej. Tak więc nieuwzględnienie lub nieprecyzyjne określenie pewnych elementów w analizie czasu najgorszego przypadku może spowodować, iż rzeczywisty czas wymiany informacji będzie przekraczał wyznaczoną teoretycznie granicę.

4. Weryfikacja wyników w sieci FIP

4.1. Opis sieci FIP

Sieć FIP pracuje w oparciu o model PDK (Producent Dystrybutor Konsument). Praca sieci nadzorowana jest przez arbitra magistrali (BA – Bus Arbiter), który w sposób periodyczny lub aperiodyczny transmituje na magistralę identyfikator zmiennej (reprezentującej określone dane), żądając udostępnienia jej przez producenta. Producent rozpoznając identyfikator zmiennej, którą generuje, transmituje ją na magistralę, udostępniając w ten sposób wszystkim odbiorcom (konsumentom).

Sieć FIP z uwagi na model, w oparciu o który pracuje (PDK), zapewnia producentom zmiennych (danych) zdeterminowany czas dostępu do medium transmisyjnego oraz zgodność przestrzenną danych. Dzieje się to, z jednej strony, za sprawą arbitra magistrali, który czuwa nad czasami wyzwalania i trwania wymian, gdyż przed każdą transmisją ramki żądania oblicza on czas odpowiedzi z uwzględnieniem najgorszego przypadku. Z drugiej strony, za sprawą trybu rozgłoszeniowego transmisji zmiennych, zapewniana jest zgodność przestrzenna danych docierających do rozproszonych konsumentów.

Transmisje danych w sieci odbywają się z szybkościami:

- 31.25 Kb/s,
- 1.0 Mb/s,
- 2.5 Mb/s,
- 5.0 Mb/s.

Z szybkością transmisji danych na magistrali komunikacyjnej ściśle związany jest parametr mówiący o tzw. czasie milczenia stacji. Czas ten zawiera w sobie czasy detekcji i analizy ramki żądania wysłanej przez arbitra oraz przygotowania ramki odpowiedzi, może być zmieniany w pewnym zakresie zależnym od szybkości transmisji.

4.2. Obliczanie czasu wymiany informacji w sieci FIP

W przypadku obliczania maksymalnego czasu wymiany informacji w sieci FIP należy uwzględnić następujące parametry:

- czas potrzebny na obsługę wszystkich zmiennych w danym makrocyklu,
- czas transmisji ramki żądania,
- czas milczenia stacji produkującej daną zmienną,
- czas transmisji ramki odpowiedzi,
- długość cyklu jednostki centralnej producenta danej zmiennej procesowej.

Przed przeprowadzeniem pomiarów poczyniono dodatkowe założenia mające na celu eliminację danych, które transmituje na magistralę kontroler sieci FIP, a które nie posiadają poprawnego statusu "świeżości". Jest to efekt zamierzony działania kontrolera sieciowego w sytuacjach, w których z jakichś przyczyn bufor danych wejściowy kontrolera (danych produkowanych przez stację) nie został w porę zaktualizowany, a kontroler na żądanie arbitra magistrali udostępnił dane już nieaktualne, ale ze zmienionym statusem "świeżości". Postanowiono więc na potrzeby testu akceptować tylko dane z poprawnym statusem "świeżości".

Obliczenia oraz testy praktyczne przeprowadzono z udziałem 2 stacji abonenckich oraz jednej stacji arbitra magistrali transmitujących dane z szybkością 1.0 Mb/s. Każda ze stacji abonenckich produkowała i konsumowała po dwie zmienne o długości 128 bajtów. Czas makrocyklu ustawiono na 6.0 ms. Wszystkie zmienne w makrocyklu zadeklarowano jako cykliczne. Czas świeżości zmiennych produkowanych T_{SIV} ustawiono na sumę czasu makrocyklu oraz czasu cyklu jednostki centralnej.

$$T_{SIV} = T_{Ai} + T_{MA}. \quad (9)$$

Biorąc pod uwagę powyższe założenia, czas wymiany informacji dla najgorszego przypadku będzie wynosił:

$$\text{czas wymiany inf.} = (n + 1) * T_{MA} \quad (10)$$

gdzie n jest częścią całkowitą z dzielenia

$$n = [4 * (T_{BA} + T_{SLC} + T_{TR_RP}) + T_{Ai}] \text{ div } T_{MA} \quad (11)$$

oraz:

T_{BA} – czas transmisji żądania udostępnienia zmiennej przez arbitra magistrali,

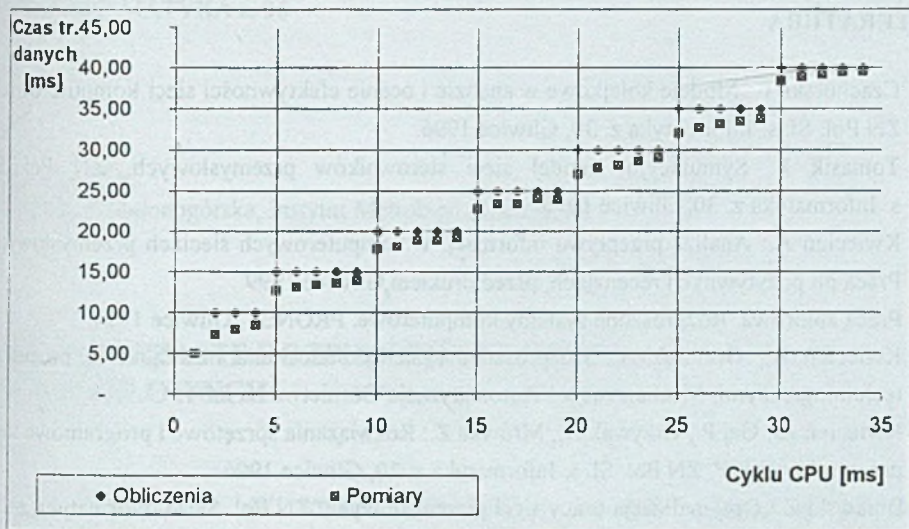
T_{SLC} – czas milczenia stacji produkującej zmienną,

T_{Ai} – czas cyklu jednostki centralnej,

T_{TR_RP} – czas transmisji odpowiedzi przez producenta zmiennej,

T_{MA} – czas makrocyklu.

Obliczenia czasu reakcji konsumenta zmiennej na nową wartość udostępnioną przez producenta przeprowadzono dla różnych czasów jednostki centralnej sterownika, zmienianych w zakresie 0÷30 ms. Pomiarów czasu dokonano dla tysiąca makrocykli w każdej konfiguracji cyklu jednostki centralnej. Wyniki przedstawiono w postaci wykresu zamieszczonego poniżej. Analizując wyniki widzimy, że w przypadku wzrostu czasu cyklu jednostki centralnej sterownika produkującego daną zmienną procesową aktualizacja bufora wejściowego koprocessora sieci FIP następuje coraz rzadziej, co bezpośrednio wpływa na częstotliwość pojawiania się na magistrali sieci FIP interesujących nas danych.



Rys. 4. Wykres zależności czasu trwania transmisji danych od czasu cyklu CPU

Fig. 4. Diagram of the data transfer time as a function of CPU sweep time

Wniosek z tego nasuwa się następujący – należy tak zaprojektować makrocykl arbitra magistrali, aby jego żądania mogły być spełnione przez producentów zmiennych. Oznacza to, że należy optymalizować makrocykl pod kątem czasu cyklu jednostki centralnej producenta danej zmiennej procesowej.

5. Wnioski

Przedstawiona w pracy, w sposób bardzo ogólny, metoda „najgorszego przypadku” jest, zdaniem autorów, niezbędnym narzędziem, którego należy użyć w trakcie projektowania sieci przemysłowej. Nie dyskwalifikuje ona żadnych metod, ale jest niezbędna w przypadku, gdy zachodzi konieczność określenia granicznych wartości czasu wymiany informacji w sieci. Podane w pracy przykłady sieci N80, FIP i Modbus ilustrują, że nieuwzględnienie pewnych parametrów lub ich nieprecyzyjne określenie może prowadzić do znacznych błędów w obliczeniu czasu tworzenia cyklu wymiany danych w sieci. Metoda „najgorszego przypadku” pozwala znaleźć te czynniki, które decydują o czasie cyklu sieci.

LITERATURA

1. Czachórski T.: Modele kolejkowe w analizie i ocenie efektywności sieci komputerowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 30, Gliwice 1996.
2. Tomasiak J.: Symulacyjny model sieci sterowników przemysłowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 30, Gliwice 1996.
3. Kwiecień A.: Analiza przepływu informacji w komputerowych sieciach przemysłowych. Praca po pozytywnych recenzjach, przed drukiem, Gliwice 1999.
4. Praca zbiorowa: Rozproszone systemy komputerowe. PRONET, Gliwice 1994.
5. Kwiecień A., Grzywak A.: Rozproszone systemy sterowania i zarządzania procesami technologicznymi. Mechanizacja i Automatyzacja Górnictwa Nr 8/94.
6. Kwiecień A., Gaj P., Grzywak A., Mrówka Z.: Rozwiązania sprzętowe i programowe sieci przemysłowej FIP. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 30, Gliwice 1996.
7. Bigewski Z.: Optymalizacja pracy sieci przemysłowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
8. Kwiecień A., Gaj P.: Sieć FIP, wstęp do analizy czasowej. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
9. Kwiecień A., Gaj P., Mrówka Z.: Optymalizacja wymian w sieci FIP. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997.

Recenzent: Dr inż. Andrzej Białas

Wpłynęło do Redakcji 14 kwietnia 1999 r.

Abstract

The paper describes, in basic range, the „worst case method” of data flow in industry networks. The simple formulas are presented, thanks them the analysing in time data flow is possible. The paper presents the experiences with FIP and N80 networks. The comparison of theoretical and practice results are included also. The „worst case method” shows the important point of time data flow analysis for looking for the best solution of time quarantined access problem.