

Andrzej KWIECIEŃ, Marcin FOJCIK
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

KRYTERIA INTEGRACJI SIECI PRZEMYSŁOWYCH NAJNIŻSZEGO POZIOMU

Streszczenie. W artykule poruszono problemy związane z metodami integracji sieci przemysłowych. Zaproponowano podział integracji na trzy poziomy, w zależności od miejsca przeprowadzonego połączenia sieci. Omówiono teoretyczne i praktyczne możliwości stosowania zaproponowanej metody, jak również jej ograniczenia.

CRITERIA OF LOW LEVEL INDUSTRY NETWORK INTEGRATION

Summary. This article describes problems with integration some types of industry networks. Authors proposed three kinds of integration levels. Each of them depends on connections between networks. Paper describes theoretical and practical possibilities of using this method of integration.

1. Wstęp

Obszar zastosowań komputerów staje się coraz większy. Wprowadzane są nowe protokoły komunikacyjne, a już używane są dalej rozwijane. Rozwój systemów komunikacyjnych w ogóle implikuje rozwój systemów komunikacyjnych w przemyśle. Dla tej dziedziny zastosowań nie ma powszechnie przyjętych standardów – istnieje wiele rozwiązań firmowych, znacznie się od siebie różniących na przykład protokołem, czasem wymiany informacji, czasem dostępu do łącza, stopniem diagnostyki [8]. Można wyróżnić następujące funkcje (zadania) takiego systemu: sterowanie, monitorowanie, archiwizacja, wizualizacja. Te funkcje mogą występować razem lub każda z osobna. W zależności od wykorzystywanych funkcji, system komunikacyjny powinien mieć określone cechy, takie jak determinizm czasowy, niezawodność, umiejętność „podnoszenia się z upadków”,

rekonfigurowalność, określoną przepustowość. Determinizm czasowy nie jest wymagany w każdym systemie przemysłowym, ale wszędzie tam, gdzie czas wymiany informacji jest parametrem krytycznym, jest absolutnie konieczny. Przykładem informacji „mało” krytycznej czasowo jest odczyt poziomu wody w zbiorniku o pojemności kilkudziesięciu tysięcy litrów, przy czym wypływ i dopływ wody jest niewielki - rzędu kilku litrów na minutę. Taki pomiar nie musi mieć zagwarantowanego czasu aktualizacji co 50 milisekund, co mogłoby niepotrzebnie obciążać sieć przemysłową.

2. Poziomy integracji

Sposób integracji będzie zależał od szeregu czynników. Celem integracji powinno być spełnienie wymagań systemu komunikacyjnego, a szczególną uwagę należy zwrócić na determinizm czasowy, jeśli takowy jest wymagany [6,11]. Zagadnienie determinizmu czasowego jest związane z następującymi parametrami:

- czasem cyklu sieci, który jest odstępem czasowym pomiędzy transmisjami tego samego abonenta,
- czasem wymiany informacji, który jest minimalnym czasem potrzebnym do wymiany całej informacji pomiędzy wszystkimi abonentami w sieci, jest wielokrotnością czasu cyklu sieci,
- czasem dostępu do łącza, który jest maksymalnym gwarantowanym czasem, po którym abonent na pewno będzie miał możliwość wysłania przynajmniej części danych,
- przepustowością sieci definiowaną jako iloraz liczby danych użytkowych w pojedynczej transakcji wymiany do całkowitego czasu pojedynczej transakcji wymiany,

$$P = \frac{L_{dt}}{T_t} \quad [\text{kb/s}] \quad (1)$$

gdzie

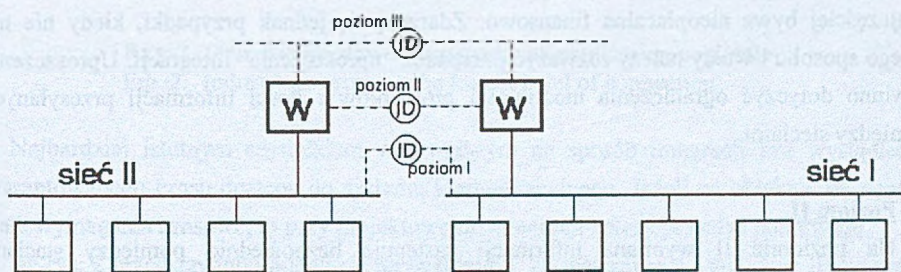
- P to przepustowość sieci,
- L_{dt} to liczba danych w pojedynczej transakcji,
- T_t to czas realizacji pojedynczej transakcji,

- sprawnością sieci definiowaną jako iloraz czasu transmisji danych użytkowych w pojedynczej transakcji wymiany do całkowitego czasu pojedynczej transakcji wymiany,

$$\eta = \frac{T_{id}}{T_i} * 100\% \quad (2)$$

- gdzie
- η to sprawność sieci,
 - T_{id} to czas transmisji pojedynczej transakcji,
 - T_i to czas realizacji pojedynczej transakcji.

Na rys. 1 przedstawiono trzy sposoby realizacji integracji sieci przemysłowych. Podział ten polega na wprowadzeniu poziomów integracji związanych z miejscem zastosowania urządzeń i programów łączących sieci przemysłowe.



Rys. 1. Trzy możliwe poziomy integracji sieci przemysłowych
Fig. 1. Three levels of industry networks integration

Poziom I

Takimi przypadkami, dla których niezbędna jest integracja sieci na najniższym poziomie są:

- konieczność rozbudowy istniejącego systemu informatycznego o dodatkowy moduł wymagający zastosowania na przykład nowego segmentu sieci tego samego poziomu. Występuje wtedy, gdy nie jest możliwe podłączenie abonenta lub abonentów do istniejącego segmentu sieci, gdyż:
 - przyłączenie do istniejącego segmentu sieci nowego abonenta powoduje takie zmiany w scenariuszu wymian, że sieć przestaje spełniać narzucone wymagania czasowe,
 - w istniejącym segmencie sieci przemysłowej występują abonenci, którymi są na przykład sterowniki swobodnie programowalne takich typów i o takich parametrach, których potocznie mówiąc, albo nie da się już kupić, albo też adaptacja powszechnie stosowanych sterowników do istniejącego systemu komunikacyjnego pociągnęłaby za sobą znaczny wzrost kosztów lub nieakceptowane pogorszenie parametrów czasowych sieci,

- dla zastosowanej sieci przemysłowej łączna długość medium transmisyjnego przekracza dopuszczalną bądź może być przekroczona maksymalna liczba abonentów w segmencie sieci,
- udostępnienie kilku dodatkowych sygnałów z obiektu innym istniejącym segmentem tego samego poziomu,
- konieczność transmisji poleceń i rozkazów pomiędzy segmentami sieci,
- brak stacji nadrzędnych, (w tym stacji wizualizacyjnych) na najniższym poziomie.

Należy dokładnie zastanowić się, czy jest sens i konieczność integracji sieci na tym poziomie. Wydaje się, że odpowiedź generalnie brzmi: nie, bowiem integracja na tym poziomie stwarza problemy techniczne związane z zachowaniem determinizmu czasowego i najczęściej bywa nieopłacalna finansowo. Zdarzają się jednak przypadki, kiedy nie ma innego sposobu i wtedy należy rozważyć przypadek „uproszczenia” integracji. Uproszczenie powinno dotyczyć ograniczenia możliwości protokołów i ilości informacji przesyłanych pomiędzy sieciami.

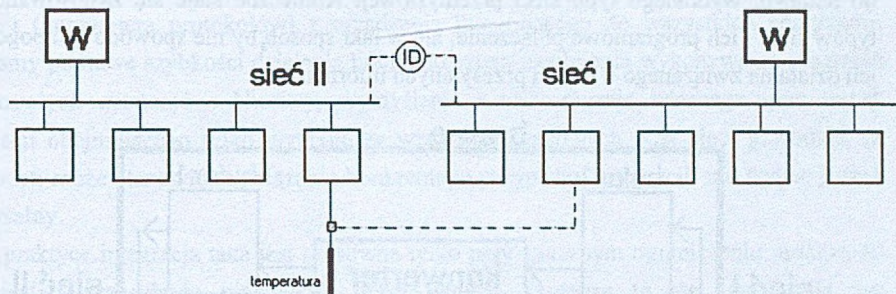
Poziom II

Na poziomie II wymiana informacji następuje bezpośrednio pomiędzy stacjami nadrzędnymi (wizualizacyjnymi) poszczególnych istniejących segmentów. Konieczność występowania tu determinizmu zależy od zastosowania sieci. Na przykład, na poziomie najniższym wymagany jest determinizm czasowy i niezbędny jest przepływ danych i rozkazów pomiędzy sieciami przemysłowymi. Jeżeli taka sytuacja nie zachodzi, to integracja nie wymaga gwarantowanych czasów przesyłu informacji.

Poziom III

Na tym poziomie następuje wymiana informacji z zastosowaniem innych sieci lokalnych lub otwartych, takich jak Internet, lub jednych i drugich. Możemy przyjąć, biorąc pod uwagę dostępne protokoły komunikacyjne dla sieci lokalnych, że w tym przypadku determinizm czasowy nie będzie możliwy do osiągnięcia, jedynym celem takiej integracji jest monitorowanie, wizualizacja i udostępnianie gromadzonych danych [3].

3. Integracja sieci na poziomie I



Rys. 2. Sieci przemysłowe – integracja na najniższym poziomie
 Fig. 2. Industry networks – the lowest level of connection

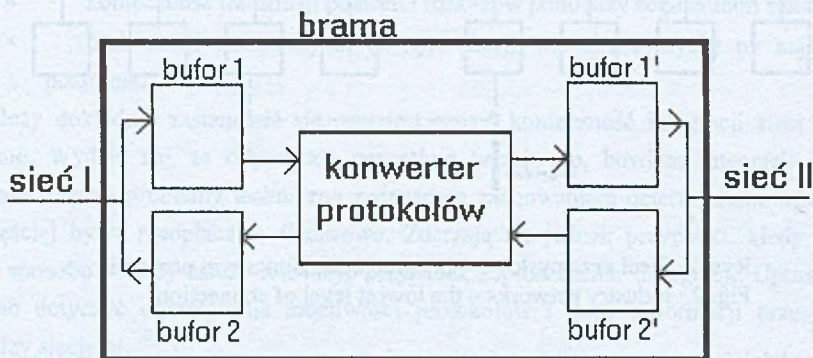
Najbardziej istotnym czynnikiem wpływającym na sposób integracji jest wystąpienie gwarantowanego czasu dostępu do systemu komunikacyjnego. Jeżeli na obiekcie występują ścisłe wymagania czasowe, to przy projektowaniu integracji należy je wziąć pod uwagę.

Na rys. 2 przedstawiono integrację na poziomie I. Zazwyczaj sieć I jak i sieć II stanowią, a przynajmniej powinny stanowić, jeżeli projekt był poprawnie wykonany, dwa całkowicie autonomiczne podsystemy komunikacyjne, pomiędzy którymi zazwyczaj nie jest wymagana wymiana informacji sterującej. W takim układzie pojawienie się nowych informacji niezbędnych do prawidłowego przebiegu procesu sterowania jest mało prawdopodobne. W przypadku pojawienia się jednak nowych pomiarów lub stanów obiektu i konieczności przesłania ich do drugiego segmentu sieci, tak jak na rys. 2, można rozważyć albo integrację sieci albo podwoić punkty pomiarowe. Pierwszym kryterium, które należy wziąć pod uwagę, jest analiza możliwości integracji sieci pod względem zachowania determinizmu czasowego.

Jeżeli integracja na najniższym poziomie miałaby spowodować pogorszenie się parametrów systemu komunikacyjnego i zakłócić wymagany determinizm, musimy z niej zrezygnować i dołączyć nowe pomiary, tu temperaturę, do drugiego segmentu sieci przez rozdzielenie toru pomiarowego lub stworzenie nowego punktu pomiarowego. Jeżeli wymagania czasowe nie są krytyczne dla pracy sieci lub istnieje przewidziana rezerwa czasowa, należy zastosować drugie kryterium, którym są koszty realizacji. Może się bowiem okazać, że wbrew pozorom tańszym rozwiązaniem będzie integracja niż zdublowanie pomiarów. Występuje to w szczególnie trudnych warunkach technicznych i przy dużych odległościach punktu pomiarowego od abonenta sieci.

Innym przypadkiem, w którym integracja na poziomie sieci przemysłowych może okazać się konieczna, jest sytuacja, gdy na obiekcie brak jest stacji nadrzędnych i występują sieci

o różnych właściwościach. Ze względu na brak globalnego standardu sieci przemysłowej, nie wszystkie urządzenia (pomiarowe i wykonawcze) są wyposażone w odpowiednie interfejsy do jednego, wybranego typu sieci przemysłowej. Konieczne staje się zastosowanie kilku typów sieci i ich programowe połączenie, ale w taki sposób, by nie spowodować pogorszenia ich działania związanego z ilością przesyłanych informacji.



Rys. 3. Schemat urządzenia pośredniczącego
Fig. 3. Interconnection Device Structure

Realizacja programowa integracji nie może być uniwersalna. Główną cechą sieci przemysłowych jest gwarantowany czas wymiany informacji. Patrząc na schemat budowy urządzenia pośredniczącego (bramy) widać, że czas potrzebny na obsługę programową integracji zależy od czasu realizacji funkcji konwersji protokołów, sposobu obsługi i ilości buforów z danymi i wielokrotności czasów działania każdej z obsługiwanych sieci.

$$T_{\text{bramy}} = f(T_{\text{konw}}, T_{\text{buf_we}}, T_{\text{buf_wy}}, n1 * T_{\text{sieci I}}, n2 * T_{\text{sieci II}}) \quad (3)$$

- gdzie:
- T_{bramy} to opóźnienie związane z integracją sieci,
 - T_{konw} to czas potrzebny na konwersję protokołów,
 - $T_{\text{buf_we}}$ i $T_{\text{buf_wy}}$ to czas związany z obsługą buforowania informacji,
 - $T_{\text{sieci I}}$ i $T_{\text{sieci II}}$ to odpowiednio czasy cyklu sieci I i II,
 - $n1$ i $n2$ to ilość cykli sieci potrzebnych do zakończenia realizacji wybranej wymiany.

Czas obsługi bramy jest tym większy, im więcej różnych typów sieci przemysłowych umie ona obsługiwać, im pełniejszy (dokładniejszy) jest proces konwersji protokołów. Można powiedzieć, że im większe różnice w łączonych sieciach, tym czas obsługi ich łączenia jest większy. Różne sposoby adresowania, różne typy ramek i danych, a nawet różnice prędkości pracy powodują rozbudowę (a także opóźnienie) programu integrującego.

Należy zastanowić się nad sposobami zmniejszenia opóźnień. W przypadku integracji sieci heterogenicznych niewiele można zrobić. Pewnym sposobem może być zaproponowanie własnego typu kodowania ramek, adresowania i przeniesienie warstwy aplikacji (konwertera protokołów) z urządzenia integrującego do wszystkich abonentów. Uzyskamy poprawę szybkości działania bramy, kosztem zwolnienia wykonywania programu u pozostałych abonentów. Niestety, wymyślenie i zastosowanie własnego typu ramek i adresacji obejmującego tylko wybrane ze względów czasowych typy sieci powoduje, że sposób ten może stanowić rozwiązanie konkretnego przypadku integracji, nie będzie jednak uniwersalny.

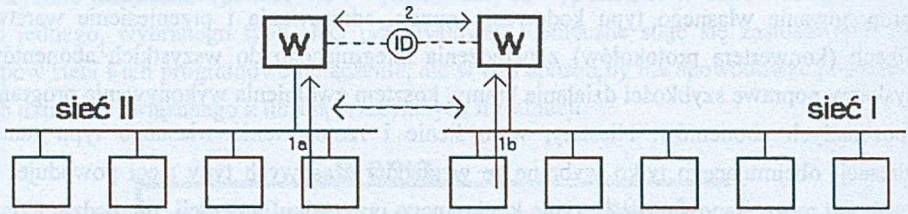
W praktyce integracja taka jest sensowna tylko przy znacznym ograniczeniu możliwości obu sieci i przesyłaniu niewielkiej ilości danych. Oznacza to, że brama nie jest „pełnoprawnym abonentem” żadnej z sieci.

Dla sieci monogenicznych sytuacja wygląda lepiej. W takich przypadkach do integracji wystarczy „repeater”, gdy potrzebne jest tylko wydłużenie sieci lub „router”, gdy obie podsieci mają na przykład inne prędkości transmisji [2]. Opóźnienia związane z integracją są tu niewielkie i wpływają nieznacznie na zachowanie determinizmu czasowego.

4. Integracja na poziomie II

Integracją na poziomie II będziemy nazywać integrację na poziomie stacji nadrzędnych (np. SCADA). I tutaj sposób realizacji zależy od wymaganego lub nie, gwarantowanego czasu dostępu do łącza. W zależności od przeznaczenia i wymagań czasowych integracja może być wykonana przez połączenie stacji nadrzędnych (komputerów) sieciami zapewniającymi lub nie, określony czas dostępu do łącza (np. za pomocą RPC, OLE, protokołów TCP/IP - MODBUS OVER TCP/IP, Master-Slave, Token-Bus, PDK).

W tym przypadku integracja polega nie tylko na możliwości przesyłania informacji dla procesów sterowania, ale także na gromadzeniu danych celem ich wizualizacji i przetwarzania. Powstają tu problemy związane z zachowaniem spójności danych, synchronizacją, rejestracją zdarzeń (czasy pojawienia się informacji, czasy zmian procesów technologicznych na obiekcie, działania operatorów), występowaniem determinizmu. W przypadku, jeżeli na obiekcie występują dwie stacje nadrzędne, to gromadzona przez nie informacja powinna być jednakowa pod względem wartości, czasu, zmian w czasie. Jeżeli dodatkowo występuje konieczność integracji z uwzględnieniem determinizmu do celów sterowania, stacje nadzorcze powinny przechowywać historię działań związanych ze sterowaniem [4].



Rys. 4. Gromadzenie informacji w celu integracji - na poziomie II
Fig. 4. Data Acquiring – the second level of integration

Na tym poziomie integracji nie jest wymagana jakakolwiek ingerencja do realizacji wymian przeprowadzanych w sieciach przemysłowych. Oznacza to, że ten poziom integracji nie musi powodować ani wzrostu liczby wymian w sieci najniższego poziomu, ani jakiegokolwiek zmiany charakteru transmisji. Informacje, jak widać, nie są przesyłane bezpośrednio pomiędzy sieciami przemysłowymi.

Każda ze stacji kontrolnych posiada dane potrzebne do prawidłowej pracy fragmentu zarządzanego obiektu. Celem integracji będzie uzyskanie pełnego obrazu stanu obiektu w obu stacjach kontrolnych. Na rysunku rys. 4 wymiany danych (1a i 1b) zachodzą podczas normalnej pracy sieci, a za wymiany pomiędzy stacjami kontrolnymi (2) odpowiada ich oprogramowanie. Czas tych wymian nie wpływa na czas pracy sieci przemysłowych. W przypadku zapewnienia determinizmu czasowego dla protokołu łączącego stacje nadrzędne, sieci takie można stosować do sterowania, po przeanalizowaniu opóźnień w przekazywaniu informacji.

Opóźnienie można wyliczyć przyjmując (rys. 4), że do przesłania informacji pomiędzy sieciami wystarczy co najwyżej jeden cykl pracy sieci I, II i sieci pomiędzy stacjami nadrzędnymi. Należy uwzględnić także czasy wykonywania się aplikacji stacji nadrzędnych.

$$T_{\text{opóźnienie}} = f \left(T_{\text{aplikI}}, T_{\text{aplikII}}, T_{\text{sieć WW}}, T_{\text{sieć I}}, T_{\text{sieć II}} \right) \quad (4)$$

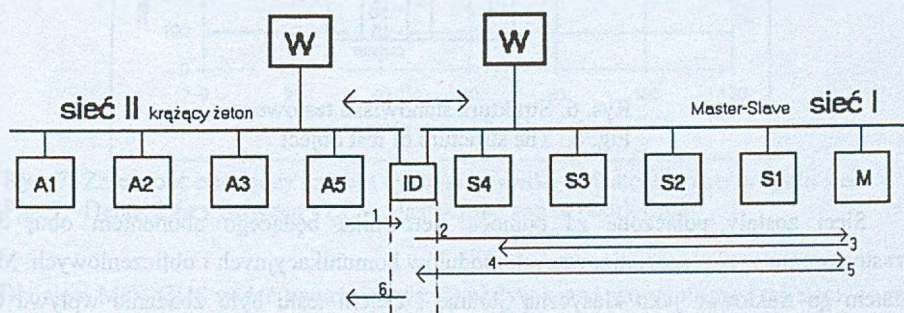
- gdzie:
- $T_{\text{opóźnienie}}$ to opóźnienie związane z integracją sieci,
 - T_{aplikI} i T_{aplikII} to czas potrzebny na obsługę programową aplikacji w stacjach nadrzędnych,
 - $T_{\text{sieć WW}}$ to czas związany z obsługą połączenia pomiędzy stacjami wizualizacyjnymi,
 - $T_{\text{sieć I}}$ i $T_{\text{sieć II}}$ to odpowiednio czasy cyklu sieci I i II,

5. Integracja na poziomie III

Omawiana tu integracja jest integracją na poziomie sieci lokalnej. Jest podobna do integracji na poziomie II, jednak z definicji nie wymaga się determinizmu czasowego, co wyklucza zdalne sterowanie. Głównym jej zadaniem jest udostępnienie szczegółowej, zgromadzonej i przetworzonej informacji na temat stanu obiektu i jego historii, na inne, wyższe poziomy zarządzania produkcją, tworzenia zakładowych baz danych, zdalnego podglądu stanu procesów przez wykorzystanie sieci lokalnych i rozległych, na przykład Internet. W celu prawidłowej realizacji tych zadań stacje nadrzędne powinny posiadać odpowiednie oprogramowanie zapewniające zachowanie spójności danych, synchronizację, rejestrację zdarzeń, umożliwienie wielu użytkownikom pobieranie informacji o obiekcie, a także ochronę przed niepożądanym dostępem i mechanizmy zapewniające, niezależnie od obciążenia sieci lokalnej, wymagane czasy do poprawnej pracy programu aplikacyjnego i sieci przemysłowej.

6. Przykład integracji

Rozpatrzmy przykład integracji sieci opartych na protokołach Master-Slave i Token-Bus. Integracja polega na wprowadzeniu urządzenia pośredniczącego umożliwiającego programowe połączenie obu sieci. Program powinien umieć adresować każdego abonenta w zintegrowanej sieci i wysyłać wymagane rodzaje wymian [7].



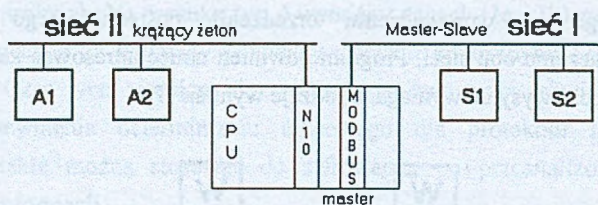
Rys. 5. Przesył informacji dla integracji na poziomie sieci przemysłowej
 Fig. 5. Exchange of information – level of industry network

W sieciach przemysłowych znaczna część informacji przesyłana jest w trybie zapytanie-odpowiedź. Na rys. 5 informacja (rozkaz odczytu danych) jest przesyłana od abonenta A5 do urządzenia integrującego ID. Urządzenie ID musi odczekać cały cykl pracy sieci, aż stacja

Master wyśle do niego ramkę (2) i będzie miało możliwość przekazania informacji z sieci II do stacji Master. Następnie stacja Master komunikuje się ze stacją S4 (3,4), odsyła dane do stacji ID (5) skąd przy następnym dostępie do sieci abonent A5 pobierze dane (6).

Widać, że nawet przy odpowiednim przygotowaniu kolejności wymian w obu sieciach wymagany jest minimum 1 pełny cykl każdej z sieci. W praktyce, przy większej ilości wysyłanych danych, 1 cykl na pewno nie wystarczy. Nie można też zapominać, że zwiększy się czas obsługi programowej w urządzeniu ID. W przypadku łączenia sieci o różnych czasach wymiany informacji w połączonej sieci czas pełnej wymiany informacji będzie większy od sumy cykli wymiany informacji obu sieci. Oznacza to, że gdy na przykład dla sieci typu Master-Slave (MODBUS) czas cyklu wynosi około 200 ms, a dla sieci typu Token-Bus (N10) około 50 ms, to łączenie tych sieci w sposób pokazany powyżej nie ma sensu, gdyż spowoduje kilkakrotne opóźnienie szybszej sieci, a tym samym najprawdopodobniej uniemożliwi prawidłową pracę systemu. Ważną sprawą jest też buforowanie transmisji. W przypadku dużych różnic szybkości działania integrowanych sieci, informacja z sieci szybszej musi być gromadzona i pamiętana na potrzeby sieci wolniejszej.

W ramach badań własnych przygotowano stanowisko testowe składające się z sieci typu Master-Slave i Token-Bus.



Rys. 6. Struktura stanowiska testowego

Fig. 6. The structure of test object

Sieci zostały połączone za pomocą sterownika będącego abonentem obu, dzięki zastosowaniu w nim specjalizowanych modułów komunikacyjnych i obliczeniowych. Można zatem go traktować jako klasyczną „bramę”. Celem testu było zbadanie wpływu czasu realizacji programu obsługującego „bramę” (program egzystujący w jednostce centralnej stacji Master) na czas wymiany informacji w sieci. Przyjęto założenie dotyczące integracji, które polegało na zapewnieniu przepływu danych tylko w jedną stronę. Sieć Master-Slave gromadziła informacje tworząc w pamięci abonenta Master, który jednocześnie był urządzeniem integrującym, bufor zawierający wartości danych użytkowych wszystkich

transakcji wymiany obsługiwanych przez sieć. Założenie to spowodowało następujące konsekwencje:

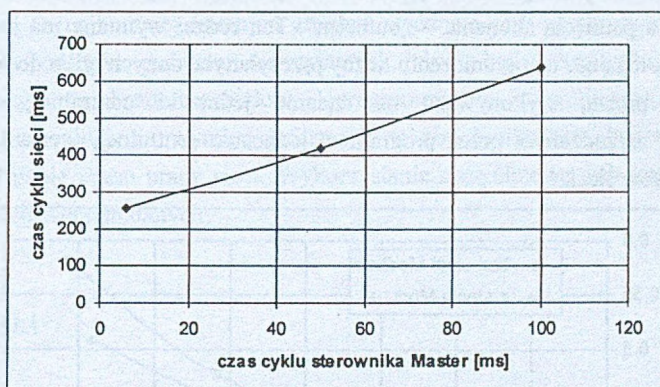
- uproszczenie i redukcję liczby wymian stacji Master, bowiem istotne stają się tylko wymiany przychodzące od strony sieci Token-Bus do sieci Master-Slave,
- uproszczone adresowanie w stacji Master, gdyż stacja Master nie widzi sieci Token-Bus,
- brak żądań od stacji Slave pozwala na uproszczenie programu w stacji Master. Abonent będący stacją Master nie potrzebuje danych i nie rozpoczyna żadnych transmisji. Odbiera jedynie ramki z sieci Token-Bus, dekoduje je i wysyła odpowiedzi.

Najpierw dokonano badania wpływu czasu wykonywania programu w stacji Master na czas cyklu sieci Master-Slave. Wydłużając realizację programu stacji Master badano czas transmisji danych z sieci Master-Slave do sieci Token-Bus.

Parametry konfiguracyjne badanej sieci były następujące:

- tryb pracy RTU,
- prędkość 19200 bitów na sekundę,
- liczba abonentów - 3.

Wymiany w sieci polegały na odczycie 16 słów od każdego abonenta.

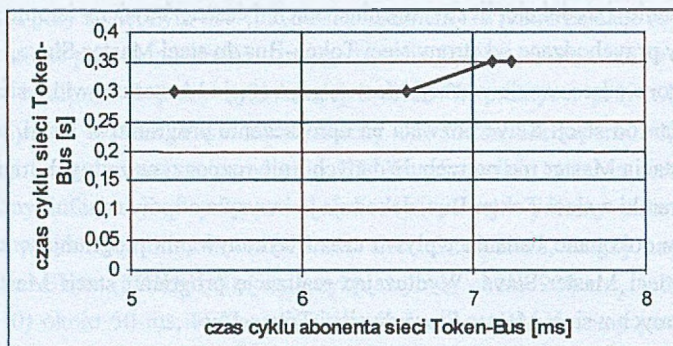


Rys. 7. Zależność pomiędzy czasem cyklu sterownika - Mastera i czasem cyklu sieci
Fig. 7. Dependency between PLC – Master time and network time

Dla sieci MODBUS widać wyraźnie (rys. 7) wpływ czasu programu na cykl sieci, co nie jest zaskoczeniem [11]. Związane jest to głównie z koniecznością pobierania danych przez koprocessor ze wspólnej pamięci, do której jest limitowany dostęp, jednokrotnie na cykl pracy podstawowej pętli programu aplikacyjnego.

Kolejnym etapem było sprawdzenie wpływu czasu cyklu abonenta sieci Token-Bus na czas cyklu tej sieci. Dokonano pomiarów dla dwóch typów wymian:

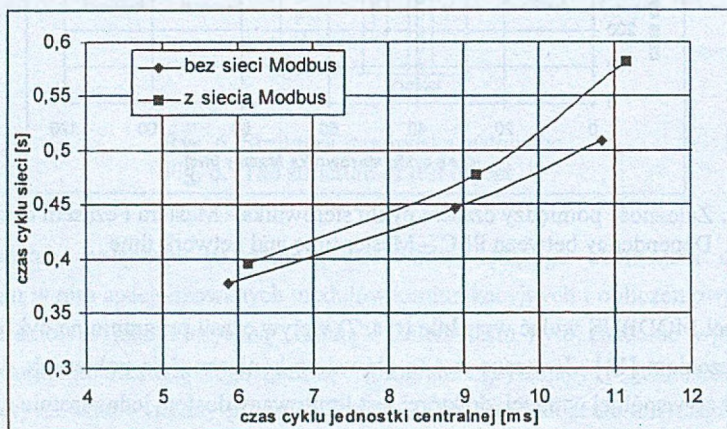
Wymiana transparentna, wykonywana autonomicznie przez koprocetor sieciowy, polegająca na cyklicznym, co 100 ms, rozsyłaniu 1 słowa do innych abonentów sieci.



Rys. 8. Wpływ czasu cyklu sterownika na czas cyklu sieci dla wymiany transparentnej
Fig. 8. Influence of PLC cycle time on network cycle time for transparent exchange

Dla wymiany transparentnej nie widać prostej zależności pomiędzy czasem wykonywania programu a czasem sieci. Spowodowane jest to realizacją wymiany przez autonomiczny koprocetor sieci. Jedyne opóźnienie powodowane jest przez wymianę informacji pomiędzy koprocetorem a pamięcią abonenta – „buforem”. Ten rodzaj wymiany ma jednak poważne ograniczenie polegające na ograniczeniu liczby przesyłanych danych tylko do jednego słowa.

Wymiana prosta, wykonywana na żądanie jednostki centralnej, a polega na jednokrotnym, zarządzanym przez program w jednostce centralnej, wysłaniu 16 słów do innych abonentów sieci.



Rys. 9. Wpływ czasu cyklu sterownika na czas cyklu realizacji wymiany prostej
Fig. 9. Influence of PLC cycle time on cycle time for simple exchange

Na rys. 9 widać wpływ działania innej sieci, w tym przypadku sieci Master-Slave na czas wymian informacji w sieci Token-Bus. Integracja polegająca na stosowaniu specjalizowanych modułów koprocesorów i ich obsłudze w jednostce centralnej abonenta, powoduje wydłużenie czasu sieci związane raz ze zwiększeniem czasu potrzebnego do obsługi programowej procesu integracji, a dwa z koniecznością podziału fragmentu czasu podstawowej pętli programu aplikacyjnego przeznaczonego do obsługi koprocesorów na obie sieci.

W przedstawionym przypadku ze względu na znaczne uproszczenie przypadku integracji, łatwe jest określenie granicznego czasu dostępu do łącza. Wymiany w sieci Master-Slave dotyczą gromadzenia i uaktualniania danych w pamięci jednostki centralnej stacji Master. Czas ten jest ściśle określony [11]. Z drugiej strony abonenci sieci Token-Bus mogą tylko pobierać dane z abonenta Master, powoduje to, że nie zachodzą wymiany pomiędzy segmentami sieci. Biorąc to pod uwagę, można określić gwarantowany czas cyklu sieci. Dla takiego przypadku integracji możemy powiedzieć, że maksymalny czas cyklu zintegrowanej sieci jest równy sumie maksymalnych czasów cykli w jednej i w drugiej sieci.

Widać, że nawet w przypadku znacznego uproszczenia procesu integracji, polegającego na przesyłaniu danych tylko w jedną stronę, opóźnienie czasu cyklu sieci jest znaczące. Można przyjąć, że najbardziej istotnym źródłem opóźnień jest oprogramowanie w stacji integrującej. Na podstawie rozważań teoretycznych, jak i z badań z powyższego przykładu można zauważyć, że każda rozbudowa oprogramowania integrującego, na przykład polegająca na umożliwieniu wymian informacji w obu kierunkach, będzie powodować znaczące opóźnienie czasu pracy sieci. Wykorzystanie specjalizowanych koprocesorów do obsługi transakcji wymian danych.

7. Wnioski

Proces przekazywania informacji jest zrealizowany programowo. Jest więc rzeczą oczywistą, że integracja sieci musi być związana z pogorszeniem parametrów dotyczących czasu wymiany informacji w systemie. Na wydłużenie czasu wymiany informacji w systemie wpływa nie tylko jej ilość, ale również potrzeba programowego zarządzania protokołami transmisji. Jakkolwiek każdy typ sieci ma opracowany protokół transmisji, to z chwilą zintegrowania różnych sieci tego samego producenta, konieczne jest opracowanie programu użytkowego realizującego zarządzanie przepływem informacji pomiędzy dowolnymi abonentami różnych sieci. Zazwyczaj program użytkowy dotyczy procesu buforowania danych podczas transmisji i zarządzania wyszukiwaniem adresata i nadawcy. Wraz ze wzrostem liczby abonentów i rozległością systemu sieciowego czas realizacji programu

użytkowego zaczyna mieć istotne znaczenie dla sprawnego realizowania procesów sterowania odbywających się na obiekcie, a więc należy poszukiwać granicy zakresu stosowalności łączenia sieci, tak aby był prawidłowo realizowany proces sterowania obiektem. Z treści niniejszego artykułu oraz na podstawie badań i wieloletnich praktycznych doświadczeń Autorów można wyciągnąć następujące wnioski:

- Integracja sieci najniższego poziomu w obecnym stanie rozwoju przemysłowych systemów informatycznych jest zjawiskiem rzadko spotykanym i ogranicza się jedynie do sporadycznych opisanych w artykule przypadków.
- Istnieje konieczność integracji sieci w związku z wymianą informacji dotyczących procesów wizualizacji, monitorowania i parametryzacji.

Integracja może polegać na łączeniu sieci przemysłowych w celu umożliwienia przepływu danych pomiędzy sieciami lub też tylko na gromadzeniu danych z różnych sieci, celem uzyskania informacji do prawidłowego sterowania i monitorowania procesów przemysłowych. Każdy z powyższych sposobów ma inne ograniczenia dotyczące możliwości jego zastosowania – sterowanie lub tylko wizualizacja. Problem zakresu stosowalności integracji sieci istnieje bez względu na to, czy będą stosowane specjalizowane urządzenia pośredniczące, czy funkcje integracyjne należeć będą do programów użytkowych. Dotyczy on gwarantowanego czasu wymiany informacji ze względu na bezpieczeństwo sterowania procesami.

Bardzo ważne jest też utrzymanie dotychczasowych parametrów sieci, takich jak szybkość działania, możliwość zmiany parametrów, łatwa rozbudowa, otwartość, niezawodność, redundancja, mechanizmy kontroli komunikacji i gwarantowany czas wymiany informacji. Widać, że jest dość trudne, biorąc pod uwagę różnorodność sieci przemysłowych, aby w przypadku ich połączenia można było wykorzystać wszystkie cechy integrowanych sieci. Konieczne byłoby odpowiednie oprogramowanie, które potrafi dane z każdej z sieci odpowiednio przesłać do innej. Pojawia się tu problemy związane z typem danych (bit, bajt, słowo, grupa słów), typem wymiany (odczyt słowa, bitu, grupy słów, zapis słowa, bitu, grupy słów), liczbą wymian i skomplikowanym sposobem adresowania poszczególnych sterowników dla przesyłów międzysieciowych. Dla niektórych sieci przemysłowych stosuje się adresowanie abonenta. W sieci Master-Slave na przykład, każdy abonent typu Slave ma unikalny numer, występują wymiany typu zapytanie-odpowiedź. Dla innych adresuje się informacje. Na przykład w sieciach typu Producent-Dystrybutor-Konsument wymiany są traktowane jako kolejne rozgłoszenia adresowanych informacji, a procesem tym kieruje jeden z abonentów, tak zwany „dystrybutor” [5].

Wiadomo, że wraz ze wzrostem liczby abonentów i rozległością zintegrowanego systemu sieciowego czas wymiany informacji będzie coraz większy. Składa się na niego czas realizacji programu użytkowego poprzez abonentów (sterownik), czas potrzebny na obsługę

sieci poprzez moduł komunikacyjny i zależności wynikające z protokołu transmisji [11]. Opóźnienia wynikające z integracji mogą spowodować niemożność sprawnego realizowania procesów sterowania odbywających się na obiekcie, a więc należy poszukiwać granicy zakresu stosowalności łączenia sieci, tak aby był prawidłowo realizowany proces jego sterowania.

LITERATURA

1. Bigewski Z.: Optymalizacja pracy sieci przemysłowych. ZN Pol. Śl., s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
2. Caban D., Fojcik M., Małyśiak H., Zieliński B.: System transmisji radiowej dla sieci przemysłowej. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997.
3. Cupek R.: Metody hierarchizacji wizualizacji rozproszonych procesów przemysłowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
4. Rafał Cupek, Marcin Fojcik „Budowa modułów komunikacyjnych stacji nadzorczych z sieciami przemysłowymi” Zeszyty Naukowe Pol. Śl., z.32, Gliwice 1997.
5. FIP NETWORK General Introduction, DPS 50249 aA, Clamart 1990.
6. Fojcik M.: Ograniczenia w wymianie informacji w zintegrowanych sieciach przemysłowych. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
7. Marcin Fojcik „Problemy integracji sieci przemysłowych”, Zeszyty Naukowe Pol. Śl., z.36, Gliwice 1999.
8. Grzywak A. i in.: Rozwiązania sprzętowe i programowe sieci przemysłowej FIP. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z.30, Gliwice 1996.
9. Kwiecień A., Gaj P., Mrówka Z.: Optymalizacja wymian w sieci FIP. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997.
10. Kwiecień A., Gaj P.: Sieć FIP, wstęp do analizy czasowej. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 28, Gliwice 1995.
11. Kwiecień A.: Analiza przepływu informacji w komputerowych sieciach przemysłowych, Wydawnictwo Jacka Skalmierskiego, Gliwice 1999.

Recenzent: Dr inż. Włodzimierz Boroń

Wpłynęło do Redakcji 4 kwietnia 2001 r.

Abstract

An article describes proposition of classification industry network integration. Authors have divided integration methods to 3 level. The first level of integration is responsible for control object and integration process on this level is not easy. Time is critical parameter and access to network bus must be guaranteed. Authors describes some examples when integration on this level can be necessary. Second level of integration will take place when is necessary use of SCADA system like a bridge. The time access to bus can be also very important but generally not must be necessary. Third level of integration can be made using a local and open network (Internet). This integration can be used for monitoring and data sampling from process. In article, simple example of I level of integration is presented also.