

Paweł GONERA
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki

PROGRAM SYMULUJĄCY DZIAŁANIE SIECI FIP, DLA KOMPUTERÓW PC

Streszczenie. W artykule omówiono koncepcję działania sieci opartych na modelu producent–dystrybutor–konsument (PDC). Są one konkurencją dla sieci klient–serwer w zastosowaniach przemysłowych. Przedstawiono sieć FIP zaprojektowaną zgodnie z modelem PDC. Omówiono warstwową strukturę sieci i usługi udostępniane przez poszczególne warstwy. Ponadto przedstawiono program pozwalający zapoznać się z budową, działaniem i możliwościami sieci przemysłowej typu FIP.

AN APPLICATION SIMULATING FIP FIELD NETWORK FOR PC COMPUTERS

Summary. This paper describes the way the networks, based on producer–distributor–consumer model (PDC), work. They are competitive to client–server model in industrial applications. The article presents the FIP network based on the PDC model. The layer structure and services provided by individual layers are also described. The paper also presents a program that allows to learn more about construction, operation and features of the FIP industrial network.

1. Opis modelu sieci FIP

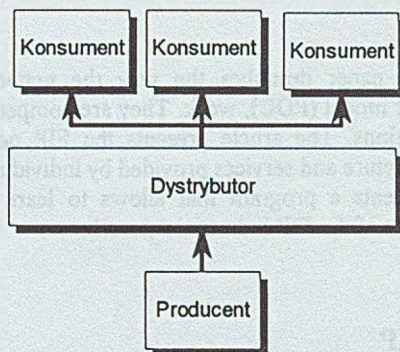
W obiektach przemysłowych obserwujemy stały wzrost liczby sygnałów wejściowych i wyjściowych, które podlegają rejestracji lub stanowią podstawę do sterowania i regulacji. Powoduje to konieczność instalacji dużej liczby sterowników, które przede wszystkim zajmują się transmisją wartości mierzonych oraz sterujących. Takie podejście znacznie podnosi koszty instalacji. Z tych powodów rozważano koncepcję sieci, w której jest kilka sterowników o dużej mocy obliczeniowej realizujących programy sterowania i regulacji. Układy pomiarowe

przyłączone bezpośrednio do sieci dostarczają potrzebne wartości parametrów regulacji, natomiast procesem technologicznym sterują inteligentne układy wykonawcze, również podłączone do sieci. Takie rozwiązanie wymagało zaprojektowania modułów sieciowych możliwych do zamontowania bezpośrednio w urządzeniach pomiarowych i sterujących oraz prostego i wydajnego protokołu wymiany danych. Protokół ten powinien być prosty, aby można go było stosować w prostych z założenia modułach sieciowych urządzeń sterujących, ale musi też dawać duże możliwości komunikacji dla inteligentnych części systemu, tj. sterowników przemysłowych sterujących procesem oraz komputerów będących stanowiskami wizualizacji procesu przemysłowego.

Jako model takiego protokołu posłużył model producent–dystrybutor–konsument (ang. producer–distributor–consumer, w skrócie PDC). Jest on rozwinięciem modelu master-slave, który jest stosowany z powodzeniem w małych sieciach, np. w sieciach pomiarowych.

1.1. Model PDC

Zgodnie z założeniami modelu w sieci występują trzy klasy abonentów: konsumenci, producenci i dystrybutor. W sieci może istnieć tylko jeden dystrybutor. Pełni on funkcje nadzorca ruchu w sieci. Producenci to stacje, które udostępniają dane, z których korzystają konsumenci. Pojedyncza stacja może być zarówno producentem, jak i konsumentem, lub należeć do jednej tylko klasy.



Rys. 1. Schemat wymiany danych w modelu PDC

Fig. 1. Data exchange diagram in the PDC model

Wymiana danych odbywa się w ten sposób, że dystrybutor pobiera daną od producenta i przekazuje ją do jej konsumentów. W ten sposób wszyscy konsumenci otrzymują ten sam egzemplarz danej w tej samej jednostce czasu. Właściwość ta jest korzystna dla programów sterowania, ponieważ pomaga zapewnić dwie cechy nazywane *przestrzenną i czasową spójnością danych*.

W sieci FIP zgodnie z założeniami modelu PDC występują trzy klasy abonentów sieci, ale funkcję dystrybutora pełni tu arbiter sieci. Odpowiada on za przesył danych od producenta do konsumentów, koordynuje proces przesyłania danych poprzez pilnowanie odstępu czasu i nakazywanie transmisji w odpowiednim czasie. Przestrzenną i czasową zgodność danych w sieci FIP zapewnia to, że wszystkie transmisje są typu *broadcast*, trafiają jednocześnie do wszystkich abonentów. Oprócz tych mechanizmów dostępne są przesyły odbiegające od przyjętego modelu (przesył komunikatów), lecz ich obsługa ma najniższy priorytet. Podczas przesyłu komunikatów arbiter sieci traci na chwilę kontrolę nad siecią na rzecz stacji przysyłającej komunikat.

1.2. PDC a inne modele sieci

W modelu PDC możliwe są połączenia pomiędzy wieloma abonentami (jeden nadawca i kilku odbiorców), w znacznie popularniejszym modelu klient-serwer realizowane są tylko połączenia pomiędzy dwoma abonentami (nadawca i odbiorca). W następstwie tego sieć oparta na modelu klient-serwer gorzej radzi sobie z rozsyłaniem jednej paczki informacji do wielu abonentów, zabiera jej to więcej czasu. Z drugiej strony w sieci klient-serwer możliwa jest swobodniejsza wymiana informacji pomiędzy stacjami, gdyż nie potrzebują ingerencji dystrybutora podczas transmisji. Do zastosowań przemysłowych używane są także sieci typu master-slave. W sieci takiej występują stacje typu slave zarządzane przez stację typu master. I w tym przypadku dopuszczalne są połączenia tylko pomiędzy dwoma stacjami. Wszystkie transmisje są nadzorowane przez stację master poprzez "odpytywanie" kolejnych stacji podległych.

2. Charakterystyka sieci

W sieci FIP wyróżnia się trzy warstwy z siedmiowarstwowego modelu ISO/OSI [1]. Są to: warstwa fizyczna, warstwa połączenia i warstwa aplikacji. W dalszej części tego rozdziału zostaną przedstawione funkcje poszczególnych warstw.

2.1. Warstwa fizyczna

Warstwa ta zapewnia transmisję danych pomiędzy urządzeniami dołączonymi do sieci. Poniżej przedstawione zostały parametry fizyczne sieci FIP. Jako medium transmisji jest używana skrętka ekranowana lub światłowód.

Tabela 1
Dopuszczalne szybkości transmisji w sieci FIP

Medium transmisji	Szybkość	Zastosowanie
Skrętka	31.25 kb/s	specjalne
Skrętka	1 Mb/s	standard
Skrętka	2.5 Mb/s	specjalne
Światłowód	5 Mb/s	standard

Szybkość transmisji zależy od medium transmisyjnego oraz zastosowań. Tabela 1 prezentuje możliwe szybkości w zależności od użytego medium i zastosowań. Do kodowania ramek używany jest kod "Manchester 2". Ramka zawiera następujące elementy: preambuła, znacznik początku ramki, dane, znacznik końca ramki. Osprzęt sieciowy produkowany jest w trzech klasach parametrów elektrycznych. Są to klasy: CH – stosowana do połączeń długodystansowych, CM – do zastosowań standardowych i CL – dla magistral prowadzonych w atmosferze wybuchowej

2.2. Warstwa połączenia

Warstwa ta zapewnia realizację dwóch typów transmisji (wymian): wymianę zmiennych i wymianę komunikatów. Szczegółowy opis wymian można znaleźć w [1, 2, 3]. Pierwszy typ transmisji jest podstawową usługą w sieci FIP. Mechanizm tej transmisji oparty jest na wymianie paczki danych, identyfikowanej poprzez unikalny numer (liczbę 16-bitową), nazywanej zmienną. Każda zmienna posiada swego producenta (stacja, która przeprowadza akwizycję danych lub obliczenie wartości) i jednego lub wielu konsumentów (stacja, która wykorzystuje przesyłane dane). Może być ona przesyłana w sposób cykliczny (zmiennie cykliczne) lub na żądanie (zmiennie asynchroniczne). W przypadku zmiennych przesyłanych w sposób cykliczny czas pomiędzy jej kolejnymi transmisjami jest ściśle określony i zapewniony przez sieć, a w przypadku wymiany na żądanie jedna ze stacji żąda przesłania określonej zmiennej i czas jej dostarczenia nie jest określony.

Aby zapewnić ściśle zachowanie odstępów czasowych przy wymianie zmiennych, skonstruowano protokół działający w sposób następujący:

- arbiter sieci wysyła do abonentów żądanie transmisji określonej zmiennej;
- producent tej zmiennej wysyła jej wartość do sieci;

- konsumenci wczytują ją do swoich wewnętrznych struktur danych.

Jak już wspomniano, mechanizm przesyłu zmiennych, a ściślej przesył cykliczny, jest podstawową usługą w opisywanej tu sieci. Aby zapewnić prawidłową pracę, arbiter bazując na czasach pomiędzy przesyłami poszczególnych zmiennych, buduje plan przesyłu zmiennych. Plan ten, zwany *makrocyclem*, składa się z mniejszych okien czasowych nazywanych

						C						C	
		B	C	B		B		B	C	B		B	
	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A	A
0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	t

Rys. 2. Przykład makrocycłu

Fig. 2. Macrocycle example

mikrocycłami. Pojęcia te zostaną przedstawione na przykładzie. Załóżmy, że w sieci krążą trzy zmienne cykliczne: zmienna A o czasie pomiędzy przesyłami 1, zmienna B o czasie 2 i zmienna C o czasie 3. Jeżeli naniesiemy te dane na oś czasu, otrzymany obraz jak na rys. 2. W kolumnach przedstawiono zmienne, które mają być przesłane w jednakowej chwili czasu. Ponieważ jest to niemożliwe do zrealizowania, przesyły te są grupowane i zmienne są przesyłane jedna po drugiej. Można powiedzieć, że mikrocykl jest zbiorem zmiennych, które mają być przesłane w tym samym czasie. Makrocykl można zdefiniować jako minimalny zbiór mikrocykli zapewniający prawidłowe przesłanie wszystkich zmiennych cyklicznych. Makrocykl przesyłany jest cyklicznie przez cały czas pracy sieci. W przykładzie przedstawionym na rys. 2 makrocykl został zaznaczony szarym kolorem.

Transmisja zmiennych cyklicznych i asynchronicznych realizowana jest w ten sam sposób. Inny natomiast jest sposób inicjacji przesyłu. W przypadku zmiennych cyklicznych przesył inicjuje arbiter sieci, w odstępach czasu określonych dla zmiennej na etapie konfiguracji, natomiast przesył zmiennych asynchronicznych inicjowany jest przez dowolną stację dołączoną do sieci.

W zupełnie inny sposób odbywa się transmisja komunikatów. Protokół przesyłu bazuje nie na relacji producent–konsument, lecz na fizycznych adresach stacji w sieci. Dla sieci FIP adres abonenta jest kodowany jako liczba 24-bitowa. W adresie tym można wydzielić część określającą segment sieci i adres stacji w segmencie. Mechanizm przesyłu jest zbliżony do mechanizmów używanych w klasycznych sieciach. Podczas transmisji jest podawany adres stacji docelowej. Mechanizm ten dodatkowo uwzględnia możliwość przesyłu do wielu abonentów jednocześnie.

2.3. Warstwa aplikacji

Warstwa ta udostępnia dla programów użytkowych następujące usługi oferowane przez sieć FIP:

- Lokalny odczyt i zapis. Lokalny odczyt i zapis to usługa nie generująca ruchu w sieci. Polega ona na odczycie danej z buforów własnego koprocesora sieciowego.
- Odczyt i zapis danych poprzez sieć. Realizacja tej usługi składa się z kilku faz. Na początku wykonywane jest żądanie przesyłu zmiennej, które powoduje zainicjowanie transmisji zmiennej aperiodycznej. Następnie wykonywany jest cykl przesyłu tej zmiennej. Po zakończeniu przesyłu do warstwy aplikacji przesyłane jest potwierdzenie.
- Informacje o przesyśle określonej zmiennej.
- Informacje o aktualności zawartości zmiennych. W wypadku awarii któregoś z producentów zmienna może stać się nieaktualna, nie odświeżona w wymaganym odstępie czasu.

3. Program demonstracyjny

W ramach pracy dyplomowej [3] powstał program prezentujący działanie sieci FIP. Program ten był projektowany z myślą o wykorzystaniu na zajęciach poświęconych sieci FIP.



Rys. 3. Okno główne programu
Fig. 3. Main window of the program

Zawiera on trzy moduły funkcjonalne: podręcznik wiedzy o sieci, demonstracje oraz testy. Podręcznik jest zorganizowany w postaci hipertekstu, tzn. tekstu wraz z odnośnikami do innych fragmentów. Najważniejszą, moim zdaniem, częścią jest moduł demonstracji, który demonstruje w sposób przystępny szczegóły wymian zachodzących w sieci FIP. Ostatni

z wymienionych - moduł testów - służy do sprawdzenia stopnia opanowania przedstawionej wcześniej wiedzy. Poszczególne części zostaną bliżej przedstawione w dalszej części tego opracowania.

Po zrealizowaniu wymiany cyklicznych arbitra sieci przesyła ramkę ID_RQ z numerem zmiennej przy której było żądanie przesyła

Producent tej zmiennej (stacja k...
numerami zmiennych których dotyczyło z...

Arbiter sieci realizuje przesył tych

Jawę: Istnieją dwa typy wymian na żądanie wskazane w pierwszej kolejności.

[Jeszcze przykład](#)
[Jeszcze przykład](#)

Format ramki ID_DAT, ID_RQ, ID_MSG.
(Różnią się polem kontrolnym)

BOF	Pole kontrolne	Identyfikator	FCS	EOF
BOF - 14 bitów				
Pole kontrolne - 1 bajt				
Identyfikator - 2 bajty				
FCS - 2 bajty				
EOF - 7 bitów				

BOF - (Begin Of Frame) Początek ramki
FCS - (Frame Control Sequence) Sekwencja kontrolna
EOF - (End Of Frame) Koniec ramki.

Rys. 4. Fragment ekranu z objaśnieniem formatu ramki

Fig. 4. Part of a screen contains explanation of frame format

3.1. Podręcznik

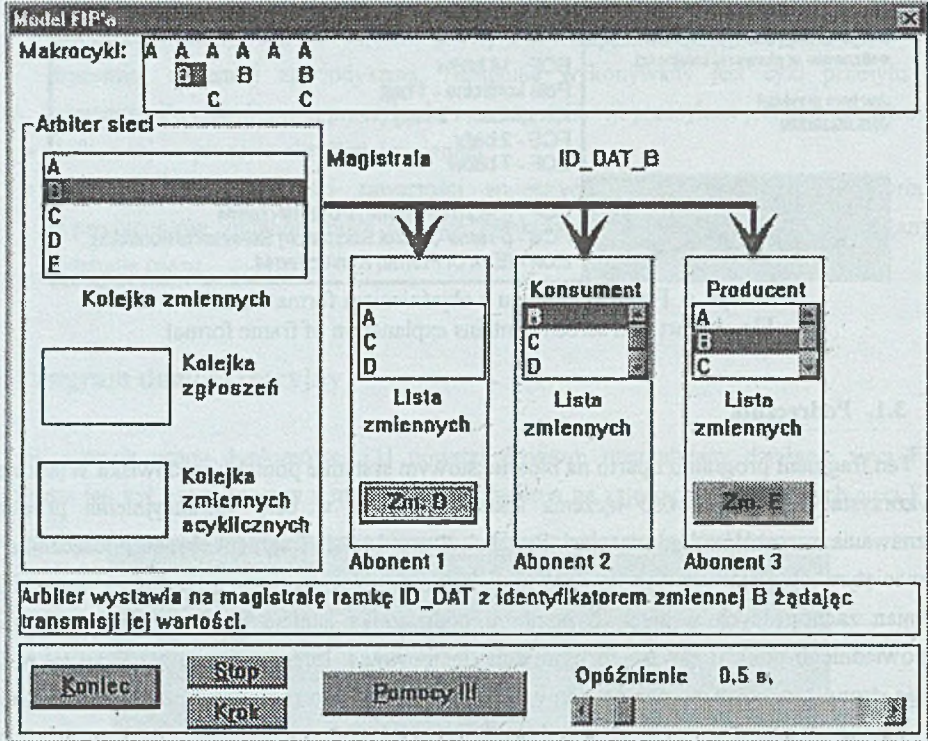
Ten fragment programu oparto na hipertekstowym systemie pomocy środowiska Windows. Wykorzystano tu możliwość łączenia tekstu z grafiką w celu uatrakcyjnienia procesu poznawania szczegółów budowy sieci. Rysunek 4 przedstawia fragment ekranu podręcznika z rozwiniętym objaśnieniem formatu ramki. W podręczniku zamieszczono opisy wszystkich wymian zachodzących w sieci. Z poziomu podręcznika istnieje możliwość uruchomienia odpowiedniego pokazu zawartego w module demonstracji. Integracja taka zachodzi także w drugą stronę, tzn. jeżeli na ekranie mamy okno demonstracji, to naciśnięcie przycisku „Pomocy !!!” powoduje otwarcie podręcznika na stronie zawierającej opis zachodzącego procesu (rys. 5).

3.2. Moduł demonstracji

Demonstracje pokazują działanie sieci na poziomie warstwy połączenia. W trakcie projektowania założeń programu zdecydowano się na wizualizację działania tej warstwy, aby przedstawić najbardziej innowacyjną częścią sieci FIP – protokół oparty na modelu PDC. Pokazane są wszystkie typy transmisji: wymiana zmiennych cyklicznych, wymiana zmiennych na żądanie oraz wymiana komunikatów z potwierdzeniem i bez potwierdzenia. Demonstracja oparta jest na modelu prostej sieci składającej się z trzech abonentów i arbitra. W sieci tej krążą cyklicznie trzy zmienne, ponadto jest możliwy przesył na żądanie dwóch zmiennych, jednego komunikatu z potwierdzeniem oraz jednego bez potwierdzenia.

Program demonstracyjny zapewnia pokazy w dwóch trybach: automatycznym, w których kolejne kroki demonstracji zadawane są za pomocą regulowanego zegara (od 0,1 s do 5 s z odstępem 0,1 s) lub ręcznie. Jest możliwe przełączanie pomiędzy trybami demonstracji. Ponadto zaimplementowano okienko makrocyklu, które w kolumnach zawiera mikrocykle.

Demonstracja odbywa się w oknie podzielonym na cztery części (rys. 5). W górnej partii okna znajduje się obraz makrocyklu podzielonego na mikrocykle (kolumny). Poniżej znajduje



Rys. 5. Okno demonstracji wymiany asynchronicznej

Fig. 5. Aperiodic transfer demonstration window

się obraz sieci, w której odbywają się wymiany. Jako drugie od dołu umieszczono okienko objaśnień, pojawia się w nim opis dotyczący aktualnego stanu sieci. Dolną część okna zajmuje panel sterowania demonstracją. Na rysunku pokazano okno demonstracji wymiany na żądanie. Ponieważ wymiana ta zachodzi po zainicjowaniu jej przez jedną ze stacji abonenckich, w obszarze stacji umieszczone zostały przyciski, za pomocą których użytkownik programu może wysłać żądanie przesyłu. W identyczny sposób zapewniono możliwość zainicjowania przesyłu komunikatów.

3.3. Moduł testów

W module tym zrealizowano prosty program testujący metodą wyboru prawidłowej odpowiedzi z trzech podanych. Jest on otwarty, tzn. nie ograniczono w nim repertuaru pytań. Prowadzący zajęcia może według własnego uznania zredagować własny zestaw pytań. Wyniki testu zapisywane są do pliku wyników wraz z identyfikatorem użytkownika, datą i godziną. Moduł ten nie ma żadnych zaawansowanych funkcji typu szyfrowanie zbioru pytań czy losowego wyboru z dużej puli pytań, ponieważ nie był on głównym celem przedstawianego programu, a jedynie pełni funkcję pomocniczą.

3.4. Przyjęte uproszczenia

Jako że demonstracje mają służyć do zrozumienia zasady działania sieci FIP, a nie dokładnej ich symulacji, wprowadzono następujące uproszczenia:

- Brak zróżnicowania czasowego poszczególnych transmisji. W demonstracji czas przesyłania poszczególnych ramek oraz odstępy między nimi są identyczne. Uznano, że takie zróżnicowanie nic nie wnosi dla istoty demonstracji, a jedynie komplikuje program odpowiedzialny za demonstrację.
- Brak priorytetów podczas przesyłów zmiennych asynchronicznych. Istota przesyłu pozostaje nie zmieniona. Różnica jest jedynie w kolejności obsługi zgłoszeń.
- Brak ograniczenia czasu trwania mikrocyklu. Aby zrealizować takie ograniczenia, potrzebne byłyby długości poszczególnych ramek. Można dodać takie ograniczenia w kolejnych wersjach programu.
- Najprostszy makrocykl. W sieci FIP możliwa jest optymalizacja przesyłów cyklicznych, tak aby zapewnić większą płynność przesyłów asynchronicznych. W demonstracji tej nie ma możliwości optymalizacji makrocyklu.

4. Podsumowanie

W artykule została opisana budowa i parametry sieci FIP, model teoretyczny na podstawie którego została zaprojektowana, oraz program prezentujący działanie sieci FIP. W rozdziale 1 opisano model teoretyczny sieci i porównano z innymi modelami sieci. Opis poszczególnych warstw sieci zamieszczono w rozdziale 2. Tam też są zdefiniowane pojęcia makrocyklu i mikrocyklu (rys. 2). W rozdziale 3 omówiono program demonstracyjny dla sieci FIP. Omówiono postać okna demonstracji oraz uproszczenia pokazu w stosunku do sieci.

LITERATURA

- [1] Praca zbiorowa pod kier. A. Grzywaka: Rozproszone systemy komputerowe. Wydawnictwo PRO-net, Gliwice 1994.
- [2] Letierrier Ph.: The FIP Protocol. Centre de Competence FIP, Nancy.
- [3] Gonera P.: Program edukacyjny dla sieci FIP. Praca dyplomowa magisterska. Instytut Informatyki Politechniki Śląskiej, Gliwice 1995.

Recenzent: Doc. dr hab. inż. Adam Mrózek

Wpłynęło do Redakcji 24 czerwca 1996 r.

Abstract

This paper presents the FIP network. It also describes construction, parameters, theoretical model and program that show how this network work. Theoretical model (producer-distributor-consumer PDC) of FIP network is described in chapter 1. The PDC model is also compared with other network models. In chapter 2 we can read about layer structure of FIP network. Here are defined terms: *macrocycle* and *microcycle* (see Fig. 2). Chapter 3 includes description of program that demonstrate the FIP network. This part of paper talk more about construction of demonstration window (Fig. 3), and how this demo is simplified compared with the working network.