

Andrzej KWIECIEN

## SIEĆ ROZLEGŁA FIP

**Streszczenie.** Współczesne systemy przemysłowe są bardzo rozległe. Konwencjonalne sieci nie zapewniają poprawnej pracy systemów ze względu na znaczną liczbę wejść/wyjść, które muszą obsługiwać. W pracy omówiono zasady i sposób działania rozległej sieci polowej FIP, której pomysłodawcą jest francuska firma CEGELEC.

## THE FIP NETWORK

**Summary.** The contemporary industrial control system are very large. There are a big number of digital and analog inputs/outputs. Conventional field bus network have not enough technical possibilities because grow up a number of wiring connection and PLC configuration and consequently is grow up a process service time. CEGELEC Company prefer a new solution of this problem which called Field Bus Network-FIP.

## LE RESEAU ETENDU FIP

**Résumé.** Les systemes contemporains sont tres étendus. Les systemes conventionnels nout pas les possibilités techniques, assege nombrenese, pour asurrer la travaille correcte. Dans cet article est présenté le systeme de reseau étendu FIP oréé par société francaise CEGELEC.

## 1. Sieci typu FIP

Sieć FIP (Factory Instrumentation Protocol) jest siecią terenową (field network) realizującą niższe warstwy procesów sterowania i produkcji "dyskretnej". W obszarze realizacji tych warstw rozróżnia się różne rodzaje wymian informacji:

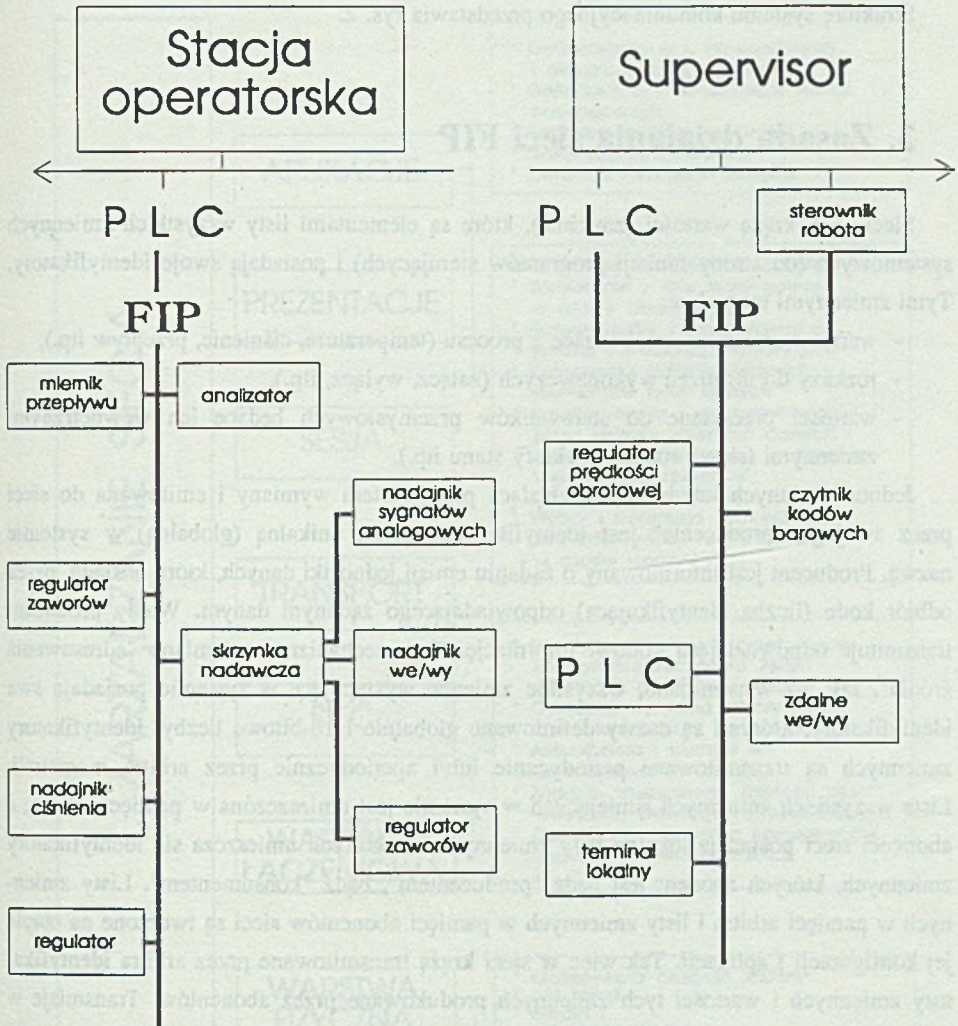
- informacje (dane) pochodzące z procesu tworzone przez układy wejścia (inicjatory),
- rozkazy tworzone przez system i zwracane do procesu, i realizowane przez układy wyjścia (układy wykonawcze),
- informacje wymieniane przez różnych abonentów sieci i przez różne systemy sterowania w kontekście zastosowanej aparatury takiej jak: sterowniki przemysłowe, klasyczne lub "inteligentne" inicjatory i układy wykonawcze,
- informacje niezbędne dla monitorowania, sterowania i pomiarów.

Pierwsze trzy typy wymian dotyczą komunikacji poziomej w sieci, gdzie następuje podział informacji od inicjatorów, do układów wykonawczych czy sterowników przemysłowych. Te rodzaje wymiany występują również w trakcie aktualizacji rozproszonej bazy danych. Ostatni natomiast rodzaj wymian można określić jako "pionowy" ruch danych, służący monitorowaniu i sterowaniu procesem. Te wymiany są mniej krytyczne z punktu widzenia wymagań czasowych. Sieć FIP stara się jednocześnie zaspokoić wymagania wynikające z "pionowej" i "poziomej" wymiany danych ze szczególnym uwzględnieniem periodycznej wymiany obwarowanej czasem krytycznym i aperiodycznej komunikacji z wyższymi warstwami oprogramowania.

## 2. Założenia architektury sieci FIP

W systemach produkcyjnych funkcje sterujące są realizowane przez system sterowania wspomagany przez różne zdecentralizowane jednostki urządzeń połączonych ze sobą za pomocą systemu komunikacyjnego (rys. 1.) Urządzenia sterujące jednocześnie zapewniają realizację funkcji automatycznego sterowania i funkcji komunikacyjnych umożliwiających wymianę danych z innymi urządzeniami. Interfejs komunikacyjny ma strukturę warstwową z wbudowanymi funkcjami w każdej warstwie, umożliwiającymi wzajemną wymianę danych i świadczenia usług.

# Factory Instrumentation Protocol



Rys. 1. Struktura sieci FIP

Fig. 1. Network structure

## 2.1. Struktura systemu komunikacyjnego sieci FIP

System komunikacyjny sieci FIP jest podzielony na trzy warstwy, które odpowiadają modelowi OSI ISO. Są to następujące warstwy:

- warstwa fizyczna (physical layer) (1),

- warstwa łączenia (data link layer) (2),
- warstwa aplikacji (application layer) (7).

Strukturę systemu komunikacyjnego przedstawia rys. 2.

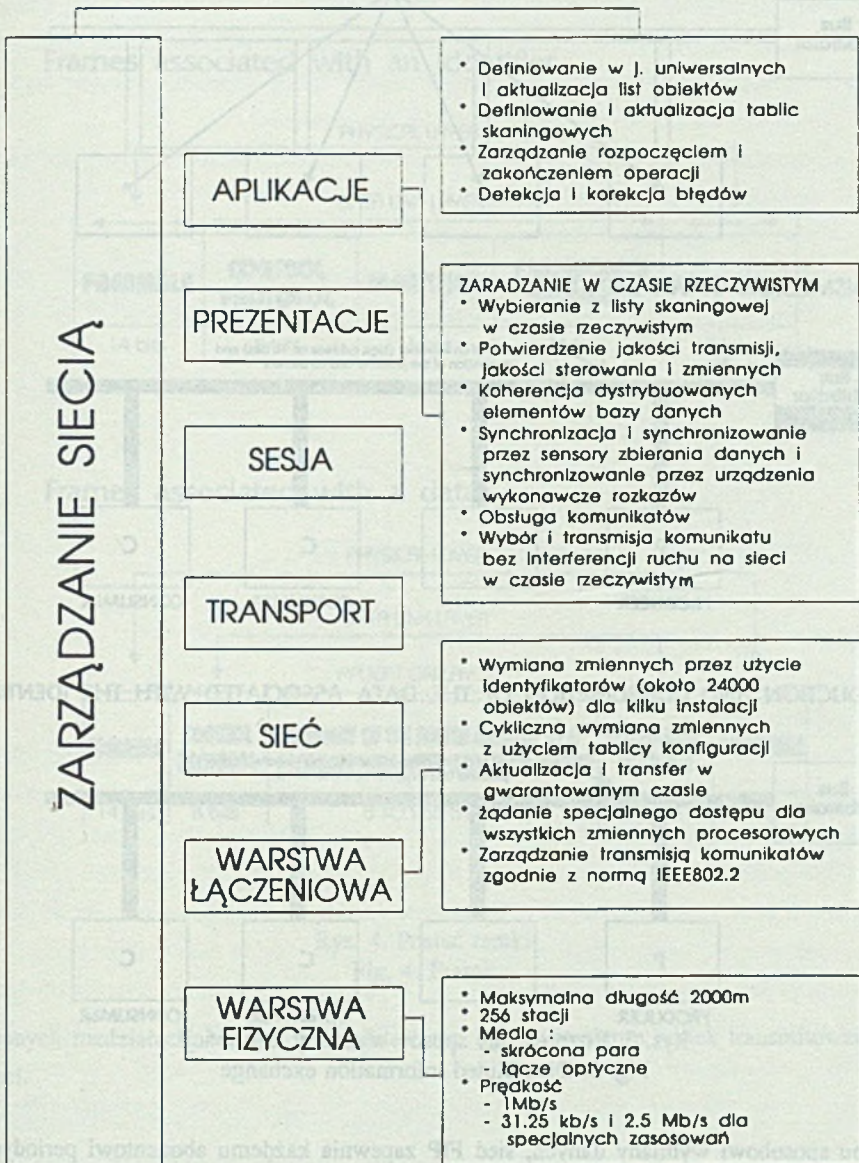
### 3. Zasada działania sieci FIP

Siecią FIP krążą wartości (zmienne), które są elementami listy wszystkich zmiennych systemowych (od strony funkcji programów sterujących) i posiadają swoje identyfikatory. Tymi zmiennymi mogą być:

- wartości zmierzone pochodzące z procesu (temperatura, ciśnienie, przepływ itp.),
- rozkazy do urządzeń wykonawczych (załącz, wyłącz, itp.),
- wartości przesyłane do sterowników przemysłowych będące ich wewnętrznymi zmiennymi (słowa statusu, wektory stanu itp.).

Jednostka danych lub informacji będąca przedmiotem wymiany i emitowana do sieci przez swojego "producenta" jest identyfikowana przez unikalną (globalną) w systemie nazwę. Producent jest informowany o żądaniu emisji jednostki danych, które posiada, przez odbiór kodu (liczba identyfikująca) odpowiadającego żądanym danym. Wtedy producent transmituje odpowiadającą kodowi informację. Ten mechanizm nosi miano "adresowania źródła". Jak już wspomniano, wszystkie zmienne występujące w systemie posiadają swe identyfikatory, którymi są nazwy definiowane globalnie i 16-bitowe liczby. Identyfikatory zmiennych są transmitowane periodycznie lub/i aperiodycznie przez arbitra magistrali. Lista wszystkich zmiennych istniejących w systemie jest umieszczona w pamięci arbitra, a abonenci sieci posiadają lokalne listy zmiennych, na których umieszcza się identyfikatory zmiennych, których abonent jest bądź "producentem", bądź "konsumentem". Listy zmiennych w pamięci arbitra i listy zmiennych w pamięci abonentów sieci są tworzone na etapie jej konfiguracji i aplikacji. Tak więc w sieci krążą transmitowane przez arbitra identyfikatory zmiennych i wartości tych zmiennych produkowane przez abonentów. Transmisje w sieci są typu "broadcast", tak więc trafiają jednocześnie do wszystkich abonentów i każdy z nich może z nich dowolnie korzystać.

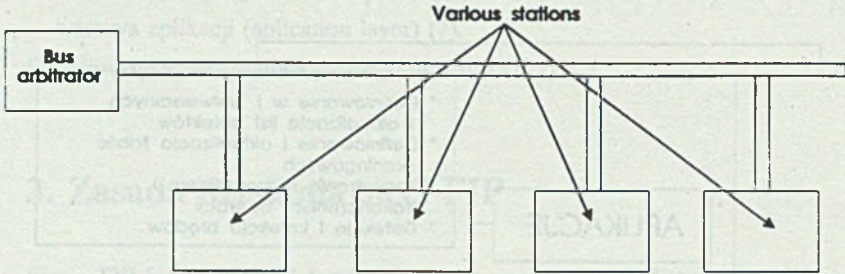
Generalnie transmisje są bez potwierdzenia, choć istnieją funkcje serwisowe żądające potwierdzenia. "Konsument" czuwa jedynie nad detekcją błędów transmisji ramek, bazując na obserwacji czasu transmisji podczas wymiany. Wybór tego sposobu detekcji jest spowodowany tym, że dane we wszystkich przypadkach mają ograniczony czas "życia" (ważności).



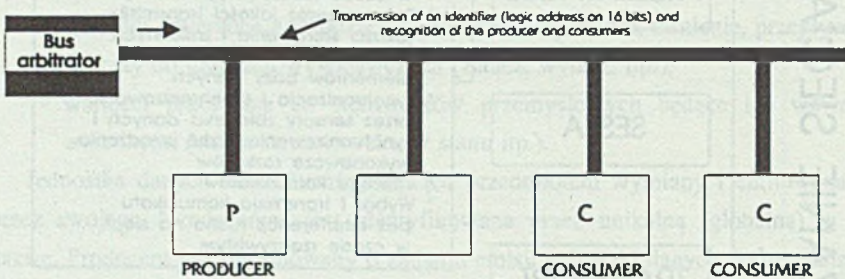
Rys. 2. Struktura systemu komunikacyjnego  
Fig. 2. Structure of communications system

Uproszczony sposób wymiany informacji jest przedstawiony na rys. 3. Dzięki tak przy-

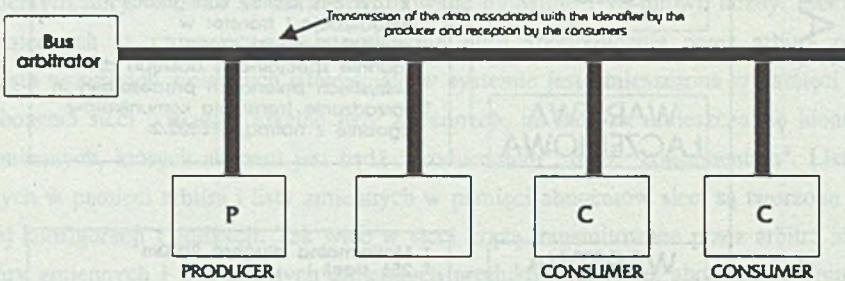
## COMMUNICATION SYSTEM



## TRANSMISSION OF AN IDENTIFIER



## PRODUCTION AND CONSUMPTION OF THE DATA ASSOCIATED WITH THE IDENTIFIER

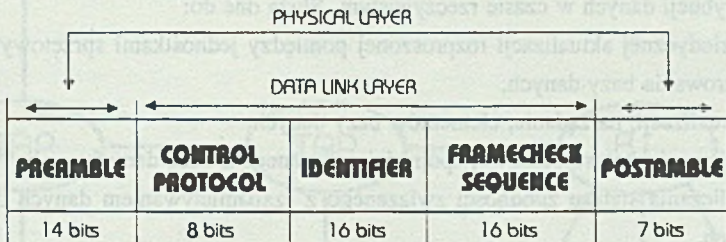


Rys. 3. Rozproszony sposób wymiany informacji

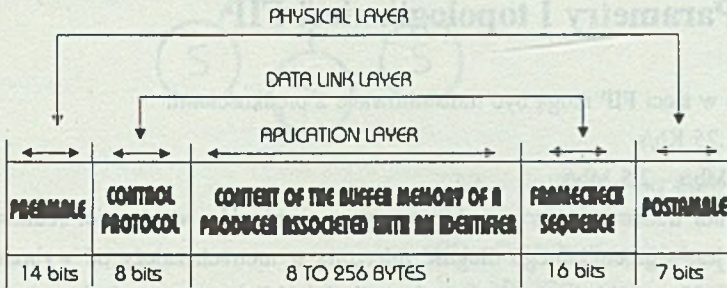
Fig. 3. Distributed information exchange

jętemu sposobowi wymiany danych, sieć FIP zapewnia każdemu abonentowi regularne "odświeżanie" danych umieszczonych na liście arbitra sieci. W tym sensie sieć FIP kreuje dla rozproszonej bazy danych system jej aktualizacji w czasie rzeczywistym. Inne wymagania prowadzą do określenia dostępu do sieci dla aktualizacji danych w czasie "martwym" pomiędzy transmisjami regularnymi. Mamy wtedy do czynienia z transmisją aperiodyczną. Poza tym istnieją jeszcze wymiany typu "MESSAGE", o czym będzie mowa w

## Frames associated with an identifier



## Frames associated with a data



Rys. 4. Postać ramki

Fig. 4. Frame

następnych rozdziałach. Na rys. 4 przedstawiono ogólną strukturę ramek transmitowanych w sieci.

## 4. Usługi własne

W sieci FIP występują dwa rodzaje usług oferowanych przez warstwę łączenia i aplikacji. Są to:

- usługi periodyczne (aperiodyczne),

- usługi transmisji komunikatów (MESSAGE).

Usługi periodyczne (aperiodyczne) dla warstwy aplikacji noszą miano MPS, a dla warstwy łączenia (link layer) AP. Usługi transmisji komunikatów noszą odpowiednio miano SUB-MS i MSG. Periodyczne i aperiodyczne usługi zostały specjalnie dobrane do wymogów dystrybucji danych w czasie rzeczywistym. Służą one do:

- periodycznej aktualizacji rozproszonej pomiędzy jednostkami sprzętowymi systemu sterowania bazy danych,
- aktualizacji, na żądanie, elementów bazy danych,
- obliczania statusu czasowej spójności związanego z bazą danych,
- obliczania statusu zgodności związanego z zapamiętywaniem danych do bazy danych.

Usługi typu MMS są zwykle używane do operacji żądania obsługi bazy danych czasu rzeczywistego i jej konfiguracji.

## 5. Parametry i topologia sieci FIP

Dane w sieci FIP mogą być transmitowane z prędkościami:

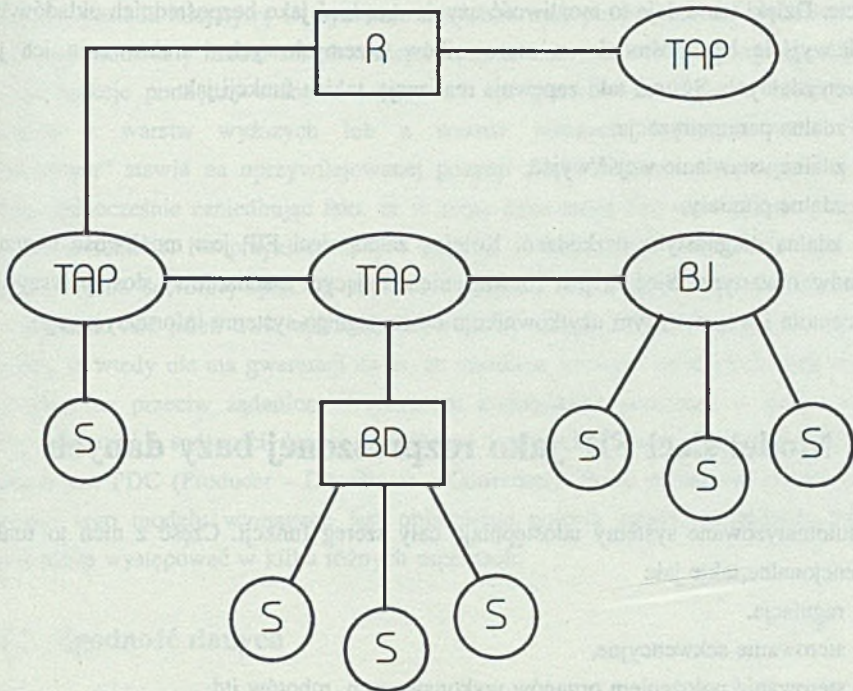
- 31.25 Kb/s,
- 1 Mb/s - 2.5 Mb/s.

Medium transmisyjnym jest skręcona para przewodów w ekranie. Jednostką długości medium jest segment, którego długość mierzona w metrach zależy od wybranej prędkości transmisji. Na przykład przy wybranej prędkości 1Mb/s segment sieci może mieć długość nie większą niż 500m. W systemie może istnieć nie więcej niż 256 abonentów. Na jednym segmencie sieci może być do 32 tak zwanych punktów połączeniowych. Są to miejsca, gdzie podłącza się bezpośrednio pojedynczego abonenta lub do ośmiu abonentów, stosując tak zwaną "skrzyżkę rozdzielającą", którą zwykle jest repeater, służący również do łączenia pojedynczych elementów sieci. Na rys. 5 przedstawiono topologię sieci FIP.

Pomiędzy dowolnymi dwoma abonentami nie można podłączyć więcej niż 3 repeater'y. Medium transmisyjnym może być również łącze optyczne. Stacje abonenckie łączą się wtedy "w gwiazdę".

Dużą niezawodność transmisji zapewnia kodowanie typu MANCHESTER2 i ograniczniki ramek. Na tym poziomie sieć FIP posiada również możliwość redundacji: transmisja może odbywać się po dwóch magistralach, ale nasłuch odbywa się selektywnie na jednej lub drugiej magistrali za pomocą lokalnej procedury.





TAP = Self-looping connector

BJ = Junction box

BD= Distribution box

S = Station

R = Repeater

Rys. 5. Topologia sieci FIP  
Fig. 5. Topology of FIP network

## 6. Zalety sieci FIP

Jako sieć terenowa, sieć FIP zdecydowanie ułatwia budowę rozproszonych systemów automatycznego sterowania przez zamianę konwencjonalnych połączeń typu "point-to-point" pomiędzy nadajnikami sygnału (i urządzeniami wykonawczymi) a jednostką centralną sterownika przez połączenia typu "multi-point". Jest to rozwiązanie tańsze i prostsze w realizacji przy zachowaniu zalet związanych z takimi parametrami, jak czas odpowiedzi czy bezpieczeństwo poprawnej transmisji. Inną zaletą sieci FIP jest ogromna łatwość w jej modyfikacji, rozbudowie i obsłudze. Sieć FIP może zapewnić przyłączenie lub połączenie

w sieć elementów wykonawczych i zadajników systemu bez względu na ich położenie na obiekcie. Dzięki temu daje to możliwość użycia urządzeń jako bezpośrednich układów typu wejście/wyjście bez pośrednictwa sterowników przemysłowych i traktowania ich jako urządzeń zdalnych. System taki zapewnia realizację, takich funkcji, jak:

- zdalna parametryzacja,
- zdalne ustawianie wejść/wyjść,
- zdalne pomiary,
- zdalna diagnostyka uszkodzeń. Kolejną zaletą sieci FIP jest możliwość tworzenia systemów otwartych. Sieć ta jest rozwiązaniem dającym standardowy dostęp wszystkim producentom i wewnętrznym użytkownikom do rozległego systemu informatycznego.

## 7. Model sieci FIP jako rozproszonej bazy danych

Zautomatyzowane systemy udostępniają cały szereg funkcji. Część z nich to funkcje konwencjonalne, takie jak:

- regulacja,
- sterowanie sekwencyjne,
- sterowanie położeniem organów wykonawczych, robotów itd.

Inne są mniej konwencjonalne i służą podnoszeniu efektywności produkcji. Do nich można zaliczyć:

- sterowanie przygotowaniem produkcji,
- pomoc w zarządzaniu,
- sterowanie w różnych trybach pracy.

Każda z wymienionych funkcji ma strukturę hierarchiczną, a na pewnym poziomie posiada określone usługi niezależne od sposobu, w jaki zostały wbudowane w system. Sposób łączenia funkcji między sobą określa formę wymiany danych, który może być opisany za pomocą przyjętego modelu.

### 7.1. Model typu "KLIENT-SERVER"

Większość współczesnych systemów komunikacyjnych, bez względu na to czy są objęte standardem czy nie, faworyzuje metodę komunikacji "punkt-punkt" pomiędzy rozproszonymi aplikacjami. Jeśli zatem więcej niż dwie aplikacje powinny być w interakcji, to użytkownik sieci musi zapewnić organizację interaktywnej wymiany danych. Dlatego też model

"klient-serwer" jest często używany do opisu interakcji pomiędzy dwoma procesami. Proces (klient) posiada inicjatywę w wymianie danych, a inny proces (serwer) wykonuje żądania klienta. Omawiany model został zaadaptowany w komunikacji pionowej żądanej przez te same funkcje pomiędzy różnymi warstwami oprogramowania. Żądania obsługi mogą pochodzić z warstw wyższych lub z warstw niższych oprogramowania. Model "klient-serwer" stawia na uprzywilejowanej pozycji punkt widzenia akcji opisanej przez funkcję, jednocześnie zaniedbując fakt, że te same dane mogą być wymieniane i używane przez różne funkcje. Na przykład w tym modelu funkcja MMS (transmisja typu MESSAGE) pozwala dowolnej aplikacji uzyskać dostęp do zmiennej, której właścicielem jest inna aplikacja. Ale jeżeli dwie aplikacje używają tej usługi, żądając dostępu do tej samej zmiennej, to wtedy nie ma gwarancji na to, że uzyskane wartości zmiennych będą te same. Wychodząc na przeciw żądaniom dotyczącym komunikacji poziomej, w podstawowym okresie ważności i spójności danych, konieczne jest zdefiniowanie innego modelu. Tym modelem jest PDC (Producer - Distributor - Consumer). Przed opisaniem podstawowych własności tego modelu wymagane jest objaśnienie pojęcia zgodności danych, które to pojęcie może występować w kilku różnych aspektach.

## 7.2. Zgodność danych

Na rys. 6 przedstawiono przykład aplikacji zawierający w sobie element zgodności danych. Dwa sensory P1 i P2 dokonują pomiarów ciśnienia, a sensory D1 i D2 dokonują pomiarów przepływu. Kontroler okresowo żąda wyników wszystkich pomiarów. Sterownik przemysłowy i stacja operatorska również używają tych danych. Istotne jest, aby wszyscy odbiorcy w tym samym momencie dysponowali pomiarami zebranymi jednocześnie. Pojawiają się zatem następujące terminy:

### - Czasowa zgodność produkcji danych.

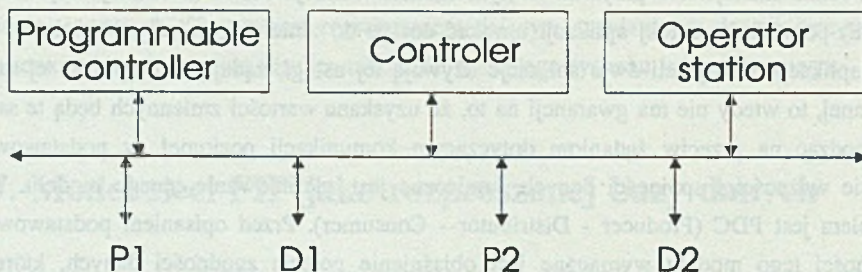
Jest to własność oznaczająca, że dane zostały wyprodukowane w tym samym przedziale czasowym. Pozwala to zapewnić próbkowanie wszystkich danych w tym samym momencie. Może się to okazać konieczne dla zapewnienia spójności algorytmu w aplikacji użytkownika.

### - Czasowa spójność transmisji.

Ta własność oznacza, że dane docierają do "konsumenta" w tym samym przedziale czasowym i w ten sposób są dostępne kiedy algorytm aplikacyjny zostaje uruchomiony.

### - Przestrzenna zgodność wartości zmiennych.

Ta własność natomiast dotyczy użycia list identycznych zmiennych przez różne aplikacje pracujące na różnych stacjach, sygnalizując użytkownikom tej samej listy zmiennych, że kopie wartości zmiennych są identyczne dla wszystkich.



Rys. 6. Model PDC  
Fig. 6. PDC model

## 8. Model typu PRODUCENT-DYSTRYBUTOR-KONSUMENT (PDC)

"Producent" jednostki danych jest odpowiedzialny na poziomie aplikacji za "produkcję" danych, które mogą być okresowe lub nie, synchroniczne lub nie, z innymi aplikacjami lub "produkcjami" danych. "Dystrybutor" danych jest natomiast odpowiedzialny za transfer danych od "Producenta" do wszystkich "Konsumentów".

"Konsument" danych są aplikacjami, które będąc wykonywane żądają danych. Użycie danych może być okresowe lub nie, synchroniczne lub nie z innymi aplikacjami. Dystrybucja danych powinna gwarantować czasową charakterystykę "produkcji" danych, uwzględniającą "konsumpcję" i dostępność danych zgodnie z wymaganiami "konsumentów". Dystrybucja danych powinna być również okresowa lub nie, synchroniczna lub nie z innymi aplikacjami. Model PDC stawia na pozycji uprzywilejowanej "konsumentów". Poza tym funkcja dystrybucji, statycznie skonfigurowana i zaprojektowana, może być modyfikowana, satysfakcjonując czasowe wymagania konsumentów. Model PDC doskonale nadaje się do zaadaptowania w poziomych wymianach i również może być zadowalający przy określaniu niektórych wymian pionowych.

## 9. Struktura zmiennych

Zmienna jest określona jako abstrakcyjna jednostka informacji oznaczona przez unikalną nazwę w systemie sterowania. Jej atrybuty są związane z nazwą i są następujące (rys. 7):

- Atrybuty podstawowe, takie jak numer identyfikacyjny lub typ zmiennej. Typy zmiennych mogą być proste (liczby całkowite, zmiennoprzecinkowe, zmienne boolowskie) lub złożone (tablice, struktury).
- Atrybuty statyczne definiowane podczas konfiguracji i określające lokalne mechanizmy związane ze zmienną (synchronizacja, "producent", "konsument").
- Atrybuty dynamiczne charakteryzujące dane przez same siebie ("updating" lub "promptress").

Adresacja zmiennych jest realizowana przez symboliczną nazwę globalną, co pozwala na unikalną identyfikację lokalnej kopii zmiennej. Adresacja jest globalna dla całego systemu wewnątrz obszaru roboczego mechanizmu dystrybucyjnego. Baza danych jest rozproszona na wszystkie stacje (urządzenia) podłączone do sieci i ta sama nazwa oznacza lokalny obraz odpowiadający jej zmiennej w całym systemie.

## 10. Krótki opis techniczny usług oferowanych przez sieć FIP

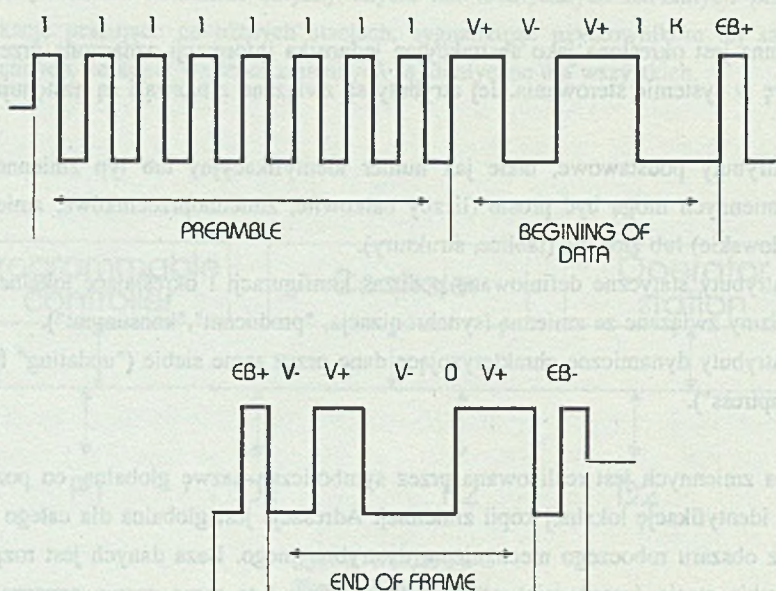
### 10.1. Warstwa fizyczna

Dane transmitowane po sieci FIP są kodowane za pomocą kodu Manchester II (split - phase - code). Kod ten daje korzyści wynikające z równoległego przesyłania zegara, jak i danych. Rys. 8 przedstawia zależności czasowe dla początku i końca ramki. Warstwa fizyczna również definiuje mechanizm redundancyjnego kanału transmisyjnego.

### 10.2. Warstwa łączenia

Jak już wspomniano, wszystkie wymiany danych na magistrali są zarządzane przez arbitra magistrali. Arbitr magistrali realizuje trzy podstawowe funkcje:

- periodyczny odczyt zmiennych,
- odczyt zmiennych na żądanie,



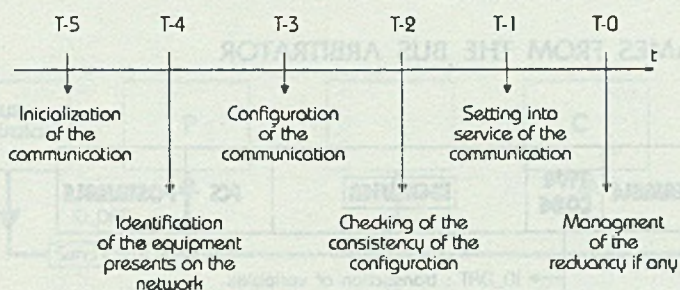
Rys. 8. Sposób kodowania ramki  
Fig. 8. Frame coding

- transmisja na żądanie komunikatów.

Poza tym arbiter magistrali może zapewnić realizację funkcji synchronizacji gwarantującą stały czas trwania cyklu "odpytywania" "producentów" zmiennych. Każdy typ "odpytywania" abonentów występuje odpowiednio, w periodycznym oknie - aperiodycznym oknie dla zmiennych i w aperiodycznym oknie dla transmisji komunikatów i synchronizacji. Cztery okna określają elementarny cykl "odpytywania". Postać cyklu elementarnego oraz czas jego trwania są definiowane przez klienta podczas konfiguracji (rys. 9). Elementarna transakcja określa kolejność ramek dotyczących tej samej usługi. Zarządzanie elementarną transakcją polega na sterowaniu kolejnością ramek wchodzących w skład transakcji. Format ramek związanych z różnymi typami transakcji przedstawia rys. 10.

Należy przeanalizować mechanizm wymiany w trzech następujących przypadkach:

- transakcja periodyczna zmiennej,



Rys. 9. Cykl pracy sieci

Fig. 9. Time cycle

- transakcja na żądanie i aperiodyczna zmiennej,
- transakcja na żądanie komunikatu z potwierdzeniem.

#### TRANSAKCYJA PERIODYCZNA ZMIENNEJ

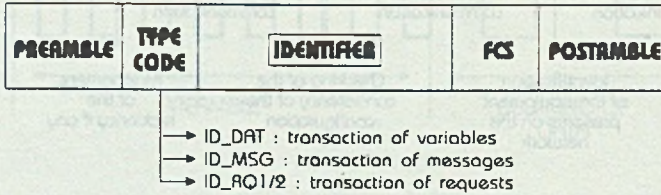
Po transmisji ramki identyfikującej zmienną (ID\_DAT) (rys. 11), arbiter magistrali ustawia czas oczekiwania (time-out) i czeka na ramkę odpowiedzi zmiennej:

- jeżeli odebrana ramka jest ramką odpowiedzi RP\_DAT, to arbiter przechodzi do "przeglądania" następnych identyfikatorów,
- jeżeli odebrana ramka jest odpowiedzią skompletowaną przez tryb żądania transferu aperiodycznego (RP\_DAT\_RQi), arbiter zapamiętuje wyprodukowany identyfikator w kolejce żądań aperiodycznych z priorytetem żądania i przechodzi do obsługi następnych identyfikatorów.

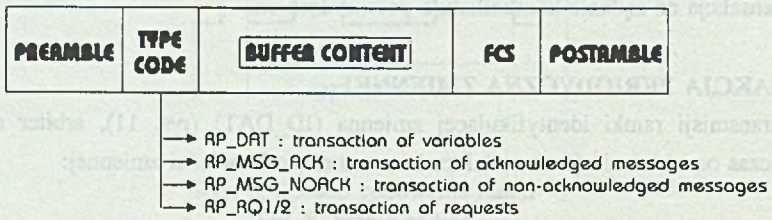
Indeks "i" oznacza:

- i = 1 żądanie pilne,
- i = 2 żądanie standardowe,
- jeżeli odebrana ramka jest odpowiedzią skompletowaną przez żądanie transmisji komunikatu (RP\_DAT\_MSG), to arbiter zapamiętuje identyfikator tego żądania w kolejce komunikatów i przechodzi do obsługi następnych identyfikatorów.
- jeżeli odebrana ramka odpowiedzi została skompletowana przez żądanie transferu aperiodycznego (przez żądanie transferu komunikatu - RP\_DAT\_RQi\_MSG), to arbiter zapamiętuje identyfikator tego żądania w odpowiednim zbiorze i przechodzi do obsługi kolejnego identyfikatora.

## FRAMES FROM THE BUS ARBITRATOR



## FRAMES EMITTED BY A PRODUCER



Rys. 10. Rodzaje usług kodowanych w ramce żądań

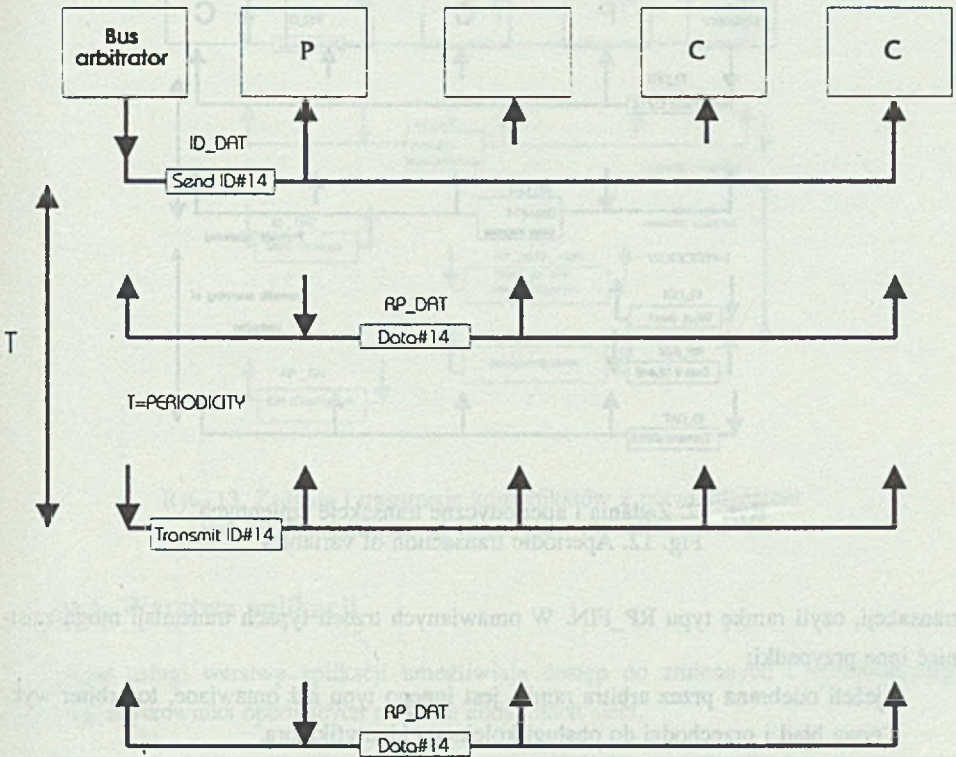
Fig. 10. The services coded in request frame

## ŻĄDANIE I APERIODYCZNA TRANSAKCJA ZMIENNEJ

Kiedy zakończone jest przeglądanie identyfikatorów żądań periodycznych (rys. 12), arbiter przechodzi do obsługi listy żądań. Transmituje pierwszą ramkę identyfikatora żądań (ID\_RQ1) z kolejki pilnych transferów aperiodycznych. Jeżeli kolejka jest pusta, arbiter przechodzi do obsługi kolejki żądań standardowych (nie pilnych). Jeżeli kolejka ta nie jest pusta, arbiter ustawia czas oczekiwania (time-out) i oczekuje na ramkę odpowiedzi żądania. Producent, który rozpoznał swój identyfikator transmituje w ramce RPQ i zmienne, których dotyczyło żądanie. Arbiter zapamiętuje szereg identyfikatorów żądań (ramki typu RP\_RQi) w kolejce i przechodzi natychmiast do obsługi pierwszego identyfikatora żądanej zmiennej.



## TRANSAKCYJA PERIODYCZNA

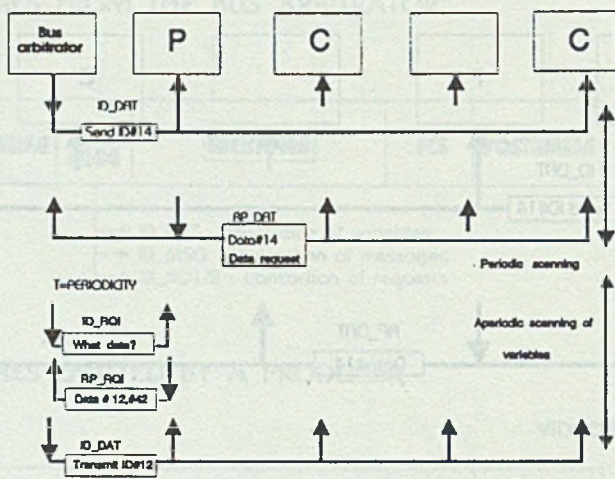


Rys. 11. Transakcja periodyczna

Fig. 11. Periodic transaction

## ŻĄDANIE TRANSMISJI KOMUNIKATÓW

Kiedy zakończony jest proces obsługi transmisji aperiodycznej, arbiter magistrali przechodzi do interpretacji listy żądań transmisji komunikatów (rys. 13). Transmituje pierwszy identyfikator "komunikatu" (ID\_MSG) z kolejki komunikatów i jeśli nie jest ona pusta, ustawia czas oczekiwania i oczekuje na ramkę typu "End of transaction". Abonent, który rozpoznał swój identyfikator, transmituje komunikat z listy w formie ramki RP\_MSG\_ACK. Jeżeli uzyska ramkę potwierdzenia RP\_ACK lub jeśli nie uzyska żadnej odpowiedzi po próbie kilku retransmisji wysyła do arbitra magistrali ramkę typu RP\_FIN. Jeżeli arbiter magistrali odbierze ramkę typu RP-FIN, przechodzi do obsługi następnego identyfikatora. Jeżeli natomiast odebrana przez arbitra magistrali ramka jest typu RP\_MSG\_ACK lub RP\_ACK, to arbiter ustawia dodatkowy czas oczekiwania (time-out) i oczekuje na końcu

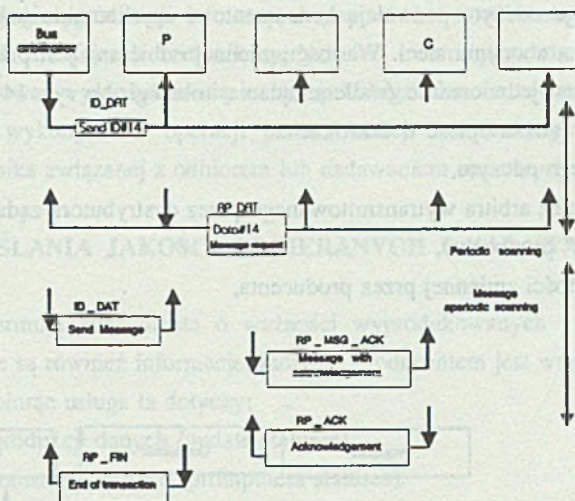


Rys. 12. Żądania i aperiodyczne transakcje zmiennych  
Fig. 12. Aperiodic transaction of variables

transakcji, czyli ramkę typu RP\_FIN. W omawianych trzech typach transmisji mogą zaistnieć inne przypadki:

- jeżeli odebrana przez arbitra ramka jest innego typu niż omawiane, to arbiter wykrywa błąd i przechodzi do obsługi kolejnego identyfikatora,
- jeżeli odebrana ramka zawiera niepoprawne pole kontrolne (FCS), arbiter wykrywa błąd transmisji i przechodzi do obsługi kolejnego identyfikatora,
- jeżeli czas oczekiwania (time-out) został przekroczony, arbiter sygnalizuje "zagubienie" ramki odpowiedzi i przechodzi do obsługi kolejnego identyfikatora.

Kolejki mają wbudowany mechanizm uniemożliwiający duplikowanie żądań, po których realizacji nie otrzymano odpowiedzi (potwierdzenia). Podczas trwania "okna" synchronizacji, arbiter określa pętlę oczekiwania aż do końca trwania elementarnego cyklu. Pętla ta jest realizowana przez powtarzanie transmisji identyfikatora zmiennej, który nie dotyczy ani producenta ani konsumenta, i dzięki temu nie będzie transmitowana żadna ramka odpowiedzi.



Rys. 13. Żądania i transmisje komunikatów z potwierdzeniem  
 Fig. 13. Transmissions of messages with acknowledgment

### 10.3. Warstwa aplikacji

Różne usługi warstwy aplikacji umożliwiają dostęp do zmiennych i synchronizację aplikacji użytkownika operujących na kilku abonentach sieci.

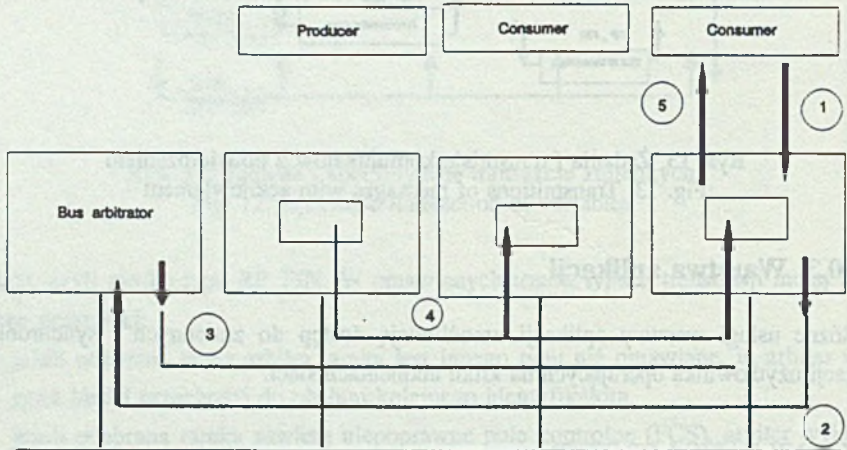
#### LOKALNY ZAPIS I ODCZYT

Funkcje automatycznego sterowania mają w swych interfejsach komunikacyjnych lokalny obraz produkowanych lub konsumowanych zmiennych. Są do dyspozycji dwie metody wymiany informacji pomiędzy abonentami w sieci. Wielkość skonsumowana, dla odczytu lokalnego, pochodzi z ostatniego procesu aktualizacji bazy realizowanego przez mechanizm dystrybucji zarządzany przez dystrybutora. Wartość wyprodukowana, dla lokalnego zapisu, zostaje umieszczona, jako depozyt systemu komunikacyjnego dystrybutora, do rozpowszechniania dla wszystkich konsumentów. Lokalny odczyt i zapis są mechanizmami niezależnymi od aktywności sieci. Lokalny odczyt daje możliwość dostępu do listy zmiennych, które mogą nadchodzić od różnych abonentów sieci.

## ZDALNY ZAPIS I ODCZYT

Usługi zdalnego odczytu pozwalają konsumentowi uzyskać aktualną wartość zmiennej produkowaną przez abonenta sieci. Wartość zmiennej odbierana jest przez interfejs komunikacyjny, który jest jednocześnie źródłem żądania i obsługi. Na rys. 14 przedstawiono ten mechanizm, który można opisać w 5 krokach:

- 1 - żądanie zdalnego odczytu,
- 2 - aktualizacja przez arbitra wytransmitowanego przez dystrybutora żądania,
- 3 - "poszukiwanie" producenta,
- 4 - rozesłanie wartości zmiennej przez producenta,



Rys. 14. Zdalny odczyt i zapis  
Fig. 14. Remote write and read

- 5 - potwierdzenie zdalnego odczytu.

## USŁUGI AKTUALIZACJI

Żądania lokalnego zapisu bądź odczytu są odpowiednio inicjalizowane przez producentów i konsumentów zmiennych. Usługi aktualizacji są osiągalne, udostępnione abonentowi, który stanowi tak zwaną "trzecią osobę". "Trzecia osoba" może być producentem lub użytkownikiem zmiennej, ale może nie być zainteresowana ani konsumpcją ani produkcją zmiennej.

## USŁUGI SYGNALIZACJI

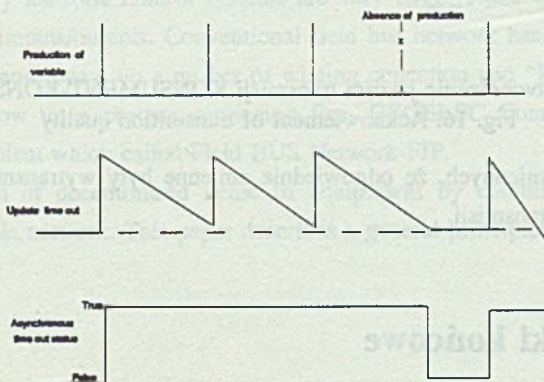
Opcjonalne usługi sygnalizacji informują konsumentów o odbiorze zmiennych, które znajdują się w ich interfejsach komunikacyjnych lub informują producentów o tym, że należy wytransmitować wyprodukowaną zmienną. Usługa ta może być użyta do sprawdzenia poprawności wykonywania operacji przez interfejs komunikacyjny, synchronizacji aplikacji użytkownika związanej z odbiorem lub nadawaniem zmiennych.

## USŁUGI OKREŚLANIA JAKOŚCI ODBIERANYCH I NADAWANYCH ZMIENNYCH

Usługi te informują konsumenta o ważności wyprodukowanych i skonsumowanych danych. Dołączone są również informacje, których producentem jest warstwa aplikacji. Generalnie rzecz biorąc usługa ta dotyczy:

- ważności produkcji danych (update statuses),
- ważności transmisji danych (promptness statuses).

Statusy ważności produkcji (rys. 15.) są wynikiem pracy warstwy



Rys. 15. Potwierdzenie "produkcji"- statusy aktualizacji PRODUCENT - KONSUMENT

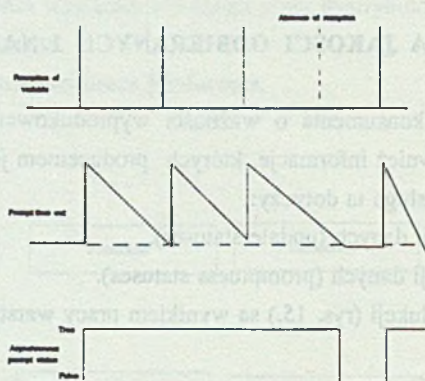
Fig. 15. Acknowledment of production value

aplikacji i mają następujące znaczenie:

- stan statusu "PRAWDA": informuje konsumenta danych, że ich producent był "obsługiwany" przez cały cykl produkcji danych. Innymi słowy stan ten daje pewność konsumentowi, że dane są aktualne,

- stan statusu "FAŁSZ": oznacza, że dane nie zostały wyprodukowane w ostatnim cyklu (na skutek nieobecności producenta).

Statusy ważności transmisji (rys. 16.) są również wynikiem pracy warstwy aplikacji i infor-



Rys. 16. Potwierdzenie jakości transmisji KONSUMENT-KONSUMENT

Fig. 16. Acknowledgment of transmission quality

mują konsumenta zmiennych, że odpowiednie zmienne były wytransmitowane przez sieć wcześniej niż czas transmisji.

## 11. Wnioski końcowe

Sieć FIP stała się już standardem. Wielu producentów aparatury kontrolno-pomiarowej oraz urzędzeń wykonawczych i zadajników binarnych, uwzględniło w swej ofercie wymagania sieci FIP i można już nabyć na przykład pompy wyposażone w interfejs FULLFIP zapewniający bezpośrednią przyłączalność urządzenia do magistrali sieciowej. Filozofia sieci FIP daje ogromne możliwości w automatyzacji szeregu technologii - oszczędzając nakłady finansowe zarówno na izolację samej sieci (oszczędność chociażby kabli), jak na konfigurację sprzętową (oszczędność w liczbie jednostek centralnych abonentów). Wydaje się konieczne rozpoczęcie badań nad praktycznym wykorzystaniem i zakresem stosowności sieci FIP w polskim przemyśle.

## LITERATURA

- [1] Alspa ZS. Communications networks. CGEE ALSHTOM, Dokumentacja techniczna. CPS, Massy 1991.
- [2] "Computer Networks". A.S. Tenenbaum, Prentice Hall 1981.

Recenzent: Dr inż. Andrzej Wilk

Wpłynęło do Redakcji: 7 września 1993 r.

## Abstract

The contemporary industrial control systems are very large. There are a big number of digital and analog inputs/outputs. Conventional field bus network has not enough technical possibilities because of a number of wiring connection and CPU configuration, and consequently is growing up a process servicing fine. GEGELEC Company prefer a new solution of this problem which called Field BUS Network-FIP.

Direct connection of decentralised items of equipment by communication system is special feature of this network. This paper describes a general principles of FIP network.