

## DeviceNet – efektywne rozwiązanie problemu komunikacji typu Fieldbus

*Streszczenie : W referacie zaprezentowano problemy i wymagania stawiane przez użytkowników systemom Fieldbus. Jednocześnie przedstawione zostały możliwości sieci DeviceNet jako efektywnego rozwiązania postawionych zadań.*

*Abstract : The paper present current problems and requirements of Fieldbus users. The DeviceNet network as effective solution of industrial DA&C system is described.*

Współczesny przemysł stawia przed konstruktorami systemów automatyki przemysłowej coraz to nowe, bardziej rozbudowane wymagania. Jeszcze kilka lat temu samodzielny sterownik PLC wydawał się granicą możliwości, a jednocześnie spełnieniem wszystkich założeń. Później pojawiły się przemysłowe sieci komunikacyjne łączące ze sobą sterowniki i coraz częściej pojawiające się komputery. Dzisiaj trudno jest wyobrazić sobie zakład produkcyjny pracujący bez systemu centralnego sterowania i wizualizacji opartego o jedną z takich sieci.

Konsekwencją takiego „sieciowego” sposobu myślenia stała się koncepcja połączenia układów sensorycznych i wykonawczych ze sterownikiem nadrzędnym. Główną cechą tych urządzeń jest ich bezpośredni kontakt z obiektem, stąd też dla odróżnienia od innych poziomów komunikacyjnych [1] sieć łącząca je nazwana została Fieldbus'em.

Na wstępie należy zastanowić się co właściwie rozumiemy pod pojęciem Fieldbus. Otóż wśród automatyków wykrystalizowały się dwa poglądy : unifikacyjny, traktujący każdą sieć łączącą elementy obiektowe jako Fieldbus (czyli sieć poziomu urządzeń [2]) oraz różnicujący, dla którego zwolenników sieci obiektowe należy podzielić [3] na systemy typu :

- *Fieldbus* – realizujące połączenia pomiędzy układami analogowymi, regulatorami PID oraz analogowymi układami wykonawczymi (siłowniki, itp.). Tego typu urządzenia wymagają przesyłania dużej ilości danych.
- *Sensorbus* – dostosowane do inteligentnych urządzeń obiektowych, oferujących głównie informację bitową, uzupełnioną do stosunkowo niewielką (w porównaniu do wcześniejszej) liczbę parametrów analogowych
- *Digitalbus (Digital Signal Serializer Bus)* – oferujące wymianę jedynie prostej informacji bitowej.

Zdaniem autora przedstawiony w referacie DeviceNet można śmiało nazwać Fieldbusem, chociaż według powyższego podziału powinien należeć do sieci typu Sensorbus.

Pozostawiając spory nomenklaturowe, przejdźmy do określenia problemów wiążących się ze współpracą sterowników z obiektem oraz do sprecyzowania założeń dla systemów Fieldbus. Poniższe zestawienie powstało w oparciu o szereg rozmów autora z przedstawicielami przemysłu, a także o opracowania literaturowe [4].

Jednym z trzech głównych problemów przed jakimi stają inżynierowie jest **redukcja kosztów połączeń**. Zapewne każdy z czytelników miał okazję oglądać linię technologiczną oplecioną kilometrami kabli sygnałowych. Każda modernizacja takiego systemu pociąga za sobą dołączenie dodatkowych par, co w wypadku np. sygnałów termoparowych, wpływa dość znacząco na koszt takiej modyfikacji. Kolejnym zadaniem jest **zapewnienie bezpieczeństwa**

**i wiarygodności danych.** Linia sygnałowa, za pośrednictwem której sygnał, czy to analogowy czy cyfrowy, dociera do sterownika jest bardzo podatna na indukowanie się w niej różnych zakłóceń, zwłaszcza przy większych odległościach. W wielu wypadkach ekranowanie, separacja, układy filtrujące są na tyle złożone i kosztowne, że użytkownik jest zmuszony do programowych metod uśrednień i filtracji. Następnym ważnym elementem jest **uproszczenie systemu sterowania i jego obsługi.** W przypadku tradycyjnych systemów często ma miejsce następujące zdarzenie: czujnik fotoelektryczny stale pokazuje „0”, mimo to, że w polu widzenia pojawiają się przedmioty. W tej sytuacji pracownik utrzymania ruchu kolejno sprawdza kartę w sterowniku, przewody sygnałowe, zasilanie czujnika, sam czujnik po czym dochodzi do wniosku, że przyczyną problemów jest zabrudzenie soczewki. Ale mógł to być każdy z pozostałych powodów. Diagnostyka prowadzona w ten sposób jest jak widać bardzo czasochłonna.

Przekładając przedstawione wyżej postulaty na obszar inteligentnej komunikacji obiektowej otrzymujemy sieć Fieldbus, która powinna się charakteryzować następującymi własnościami:

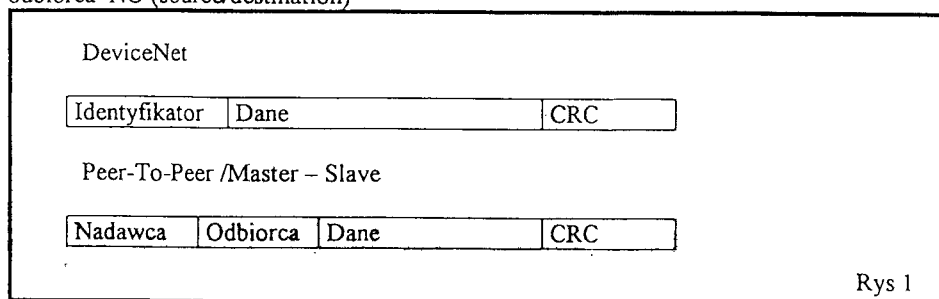
- *Łatwą w instalacji topologią* – dzięki której nie będzie konieczności prowadzenia kabla sieciowego dwukrotnie tą samą trasą. Idealna wydaje się być topologia typu magistralowego z możliwością realizacji połączeń typu drop (odejście)
- *Prostotą połączeń mechanicznych* – szczególnie ważną w sytuacjach wymagających szybkiego wypięcia urządzenia i dołączenia nowego
- *Przyjaznością narzędzi konfiguracyjnych* – przez co czas potrzebny do uruchomienia sieci oraz jej przetestowania jest znacznie ograniczony. Ma to również istotny wpływ w wypadku modernizacji i dołączania nowych urządzeń.
- *Łatwością utrzymania sieci w ruchu* – co wiąże się z istnieniem prostych a jednocześnie efektywnych narzędzi pozwalających na szybkie wykrywanie uszkodzeń zarówno połączeń jak i elementów pracujących w sieci
- *Otwartością* – dzięki czemu zastąpienie czujnika pochodzącego od producenta A przez czujnik o identycznych parametrach sieciowych od producenta B nie wymaga rekonfiguracji sieci. Jednocześnie zapewniony jest stały rozwój istniejących i powstawanie nowych urządzeń sieciowych
- *Dużą efektywnością* – wyrażającą się krótkim czasem, jaki jest zużywany przez sieć na przekazanie informacji pomiędzy węzłami. Czas ten jest wynikiem optymalizacji protokołu komunikacyjnego, razem ze zwiększeniem prędkości sieci.
- *Bezpieczeństwem transmisji* – co jest związane zarówno z wyborem rodzaju kabla, sposobami sterowania dostępem do łącza jak i wymienionym wcześniej protokołem
- *Relatywnie niskim kosztem* – będący kompromisem pomiędzy zyskiem z eliminacji wielu tradycyjnych połączeń i kart w sterowniku, a kosztem wdrożenia nowej technologii

Z powyższych rozważań wynika więc, że idealna sieć typu Fieldbus powinna się charakteryzować pełną diagnostyką prowadzoną poprzez sieć, małymi opóźnieniami i niskimi kosztami instalacji i obsługi, przy jednoczesnej dużej jej efektywności. Zapewnienie odpowiedniej przepustowości sieci jest szczególnie ważne, wobec faktu zwiększonej ilości danych i informacji diagnostycznych. W wielu dyskusjach dotyczących systemów sieciowych stwierdza się, iż głównymi parametrami decydującymi o przepustowości sieci są prędkość, efektywność protokołu oraz fizyczna charakterystyka łącza.

W wyniku szeregu badań prowadzonych w laboratoriach Allen-Bradley okazało się, że wymienione cechy są istotne, ale nie najważniejsze. Głównym elementem mogącym zmienić w sposób znaczący właściwości sieci jest **model systemu sieciowego**, rozumiany jako strategia wymiany danych pomiędzy węzłami. Wspomniane badania doprowadziły do praktycznego wdrożenia nowej koncepcji w postaci **modelu producent konsument PK**

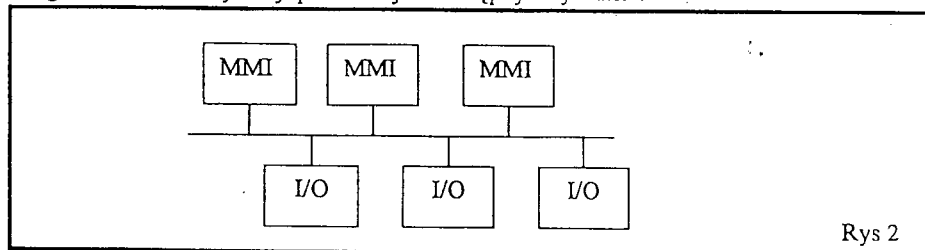
(producer/consumer), w sieciach ControlNet (przeznaczonej dla sterowników) oraz DeviceNet jako systemowi Fieldbus.

Główną ideą modelu PK jest przesyłanie danych przy użyciu mechanizmu multicast, pozwalającego na odbieranie (konsumowanie) przez wiele węzłów tych samych danych, w tym samym czasie od jednego nadawcy (producenta). Każda ramka przesyłana przez sieć jest wyposażona w pole identyfikatora, pozwalające urządzeniom odbierającym na stwierdzenie czy ta informacja jest dla nich istotna, czy też należy ją zignorować. Poniższy rysunek pokazuje ramkę DeviceNet, w zestawieniu z ramką używaną w tradycyjnych systemach Peer-To-Peer /Master – Slave (takich jak Profibus FMS/DP) realizujących model nadawca odbiorca NO (source/destination)



Rys 1

Porównanie obydwu ramek pokazuje, że ich efektywność, liczona jako stosunek ilości bajtów danych do rozmiaru całej ramki jest korzystniejszy dla modelu PK. Pozwala to na osiągnięcie takiej samej efektywności transmisji, przy niższej prędkości, a co za tym idzie również i przy niższych kosztach. Jednocześnie, zastosowanie tych samych warunków komunikacji (kabel, prędkość) pozwala na przesyłanie większej ilości danych. Jest to szczególnie istotne w sytuacji pokazanej na następnym rysunku :



Rys 2

Sieć ta składa się z trzech stacji operatorskich (MMI) oraz trzech urządzeń I/O. Na każdej ze stacji wyświetlany jest ten sam obraz wymagający przedstawienia stanów urządzeń I/O. W wypadku modelu PK w sieci przesyłane tylko trzy rodzaje ramek, zawierające stan każdego punktu I/O. Ponieważ model zakłada połączenie multicast, zatem każda ze stacji odbiera tę samą ramkę. W wypadku modelu NO każda ze stacji odbiera informację przeznaczoną tylko dla niej (w polu odbiorca za każdym razem jest adres innej stacji), co powoduje konieczność generowania aż dziewięciu ramek. Nie trzeba chyba dodawać jak bardzo wzrośnie ta dysproporcja w przypadku typowych aplikacji przemysłowych. Realizując model PK, sieć DeviceNet zapewnia użytkownikowi jeden z najwyższych współczynników wykorzystania łącza.

Podczas normalnej pracy sieci mamy zazwyczaj do czynienia z dwoma rodzajami informacji : danymi o stanie wejść/wyjść (I/O messages) oraz danymi o charakterze ogólnym, konfiguracyjnym i statusowym (Explicit messages). Poniżej zestawiono główne cechy obydwu komunikatów :

- |                         |  |
|-------------------------|--|
| <b>I/O message</b>      | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zorientowane tylko na przesyłanie danych I/O</li> <li>• Niewielka długość</li> <li>• Często zmieniają swoją zawartość (zmiennosc danych)</li> <li>• Posiadają duży stosunek danych do całości komunikatu</li> <li>• Wymagają szybkiego i częstego przesyłania (wysoki priorytet)</li> </ul>   |
| <b>Explicit message</b> | <ul style="list-style-type: none"> <li>• Zorientowane na przesyłanie informacji pomiędzy dwoma urządzeniami</li> <li>• Posiadają dość znaczną długość</li> <li>• Zawierają obok danych, informację o funkcji komunikatu, określoną ścisłym protokołem</li> <li>• Powstają w sytuacjach żądanie-odpowiedź (request/response)</li> <li>• Z uwagi na niekrytyczny rodzaj danych (konfiguracja, status, itp.) posiadają niski priorytet</li> </ul> |

Tabela 1

W wypadku tradycyjnych systemów (zgodnych z modelem NO) połączenie obydwu rodzajów komunikatów jest dosyć trudne i wielu producentów zdecydowało się na dwa odrębne rodzaje sieci do realizacji takich funkcji (np. Profibus DP i FMS). Wymaga to jednak współlistnienia dwóch niezależnych systemów, co znacznie zwiększa koszty i nakład pracy przy utrzymaniu.

W przypadku DeviceNet, dzięki zastosowaniu modelu PK udało się połączyć obydwa rodzaje informacji, dzięki czemu sieć ta nabrała właściwego charakteru systemu Fieldbus. W obydwu przypadkach pole danych zostało ograniczone do 8 bajtów. Dzięki temu czas przesyłania informacji typu I/O message jest bardzo krótki, co przy jednoczesnym 60% stosunku danych do całości komunikatu, pozwala na realizację postulatu dużej efektywności. Przy transmisji danych, których długość jest większa od 8 bajtów, DeviceNet dokonuje ich fragmentacji na 7 bajtowe porcje. Ósmy bajt zawiera informację o podziale. W tym, przypadku efektywność spada do 52% co i tak jest bardzo dobrym wynikiem. Poniżej przedstawione zostały obydwie wersje komunikatu I/O message (liczby określają ilość bitów w polu).

**I/O message            Dane do 8 bajtów**

SOF	IDE	CNTRL	Dane	CRC	ACK	EOF
1	12	6	max 64	16	2	7

**I/O message            Dane dowolnie długie**

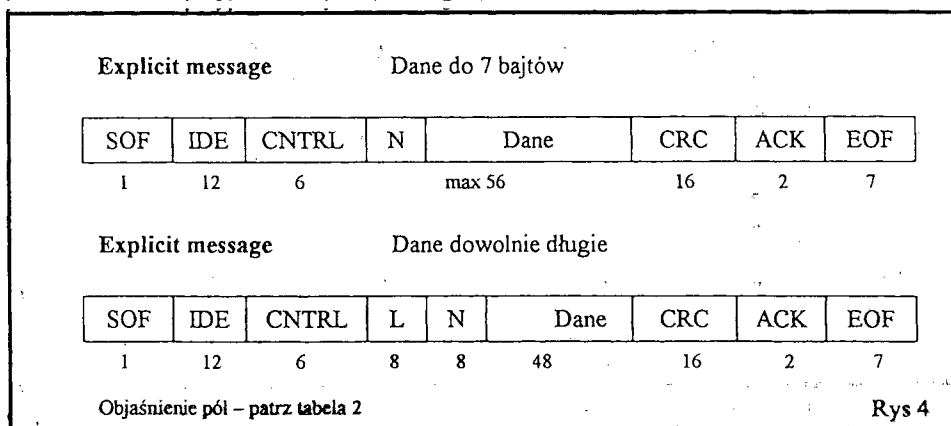
SOF	IDE	CNTRL	L	Dane	CRC	ACK	EOF
1	12	6	8	56	16	2	7

Objaśnienie pól – patrz tabela 2

Rys 3

Dzięki jednolitej koncepcji ramki, dane przesyłane poprzez komunikat typu Explicit message również poddają się podobnemu podziałowi. W ten sposób uzyskuje się odpowiednio 56% (dla krótkich max 7 bajtowych) i 44% (dla dłuższych danych ponad 7 bajtów) efektywność. Warto to zwrócić uwagę, iż komunikaty te służą do przesyłania informacji niekrytycznych i

osiągnięcie takiej efektywności ramki działa tylko in plus. Poniższy rysunek prezentuje postacie ramek w przypadku Explicit message



<b>SOF</b>	Start Of Frame – początek ramki	<b>Dane</b>	Pole danych
<b>IDE</b>	Identyfikator	<b>CRC</b>	Suma kontrolna
<b>CNTRL</b>	Pole kontrolne	<b>ACK</b>	Bity potwierdzenia
<b>L</b>	Długość danych	<b>EOF</b>	End Of Frame – koniec ramki
<b>N</b>	Nagłówek komunikatu explicit		

Tabela 2

Jest oczywiste, że o rzeczywistej efektywności, czyli o czasie w jakim dane dotrą do adresata decydują nieco inne względy. W każdej z przedstawionych ramek występuje pole identyfikatora IDE. Pole to spełnia w DeviceNet dwie funkcje :

- Arbitra przy rozwiązywaniu konfliktów powstających w sytuacjach próby jednoczesnego dostępu do łącza. W tym wypadku węzeł o identyfikatorze reprezentowanym niższą liczbą ma wyższy priorytet i wygrywa w sytuacjach konfliktowych. Jest to wynik zbudowania sieci DeviceNet w oparciu o standard CAN, w którym podczas ciszy sieć jest w stanie wysokim. Nadawanie jest rozpoczynane przez to urządzenie które dłużej podtrzyma na niej stan niski (bity „0”) podczas transmisji identyfikatora czyli w którym pole IDE jest niższą liczbą (zawiera więcej „0”) [5]
- Zawiera pole **Connection ID** złożone z dwóch pól : **Message ID** oraz **MAC ID**. Pole **MAC ID** jest wykorzystywane do określenia numeru węzła w sieci. Jego wartość jest unikalna, przez co eliminuje się konflikty związanych z podwójnymi adresami. Pole **Message ID** identyfikuje każdy komunikat w ramach wielu komunikatów wysyłanych przez to samo urządzenie.[6]

W informacjach krytycznych czasowo, pole **Connection ID** (jako **IDE**) posiada niższą wartość, co zapewnia łatwiejszy dostęp do łącza, a w konsekwencji szybsze przesłanie niż informacje niekrytyczne posiadające wyższą wartość w polu **Connection ID**. Dzięki temu uzyskano w DeviceNet bardzo efektywną metodę sterowania zajętością łącza, tak by dane mniej istotne były przesyłane tylko w momentach ciszy w sieci.

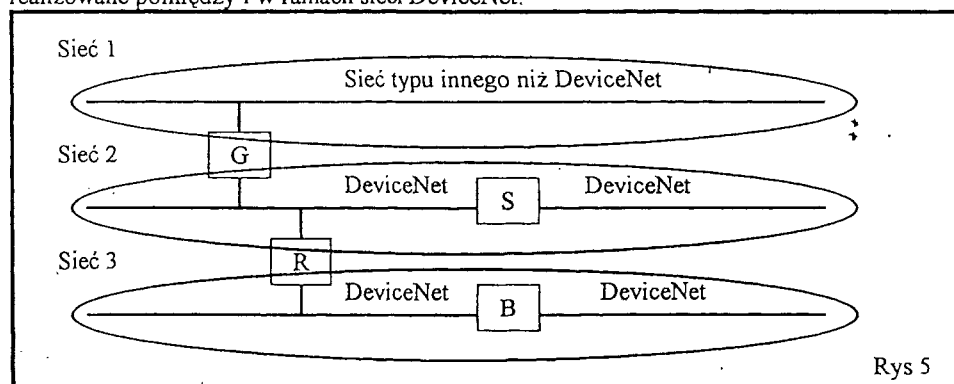
W aplikacjach przemysłowych wymaga się by w sieci Fieldbus wydzielić jeden lub kilka węzłów typu master, zbierających informacje o stanach urządzeń sensorycznych oraz wysyłających dane do urządzeń wykonawczych. W typowych sieciach typu NO przeważnie stosowany był wyłącznie mechanizm pollingu, czyli cyklicznego odpytywania wszystkich węzłów w sieci. Jak łatwo zauważyć w tego typu sieci często zachodzi sytuacja, w której master wielokrotnie odpytuje ten sam węzeł otrzymując identyczną informację, ponieważ stan

tego urządzenia jest ciągle taki sam. Powoduje to znaczne zmniejszenie realnej efektywności sieci i jej zdolności do szybkiej reakcji na zmiany w obiekcie. W sieci DeviceNet wykorzystanie modelu PK pozwoliło na stworzenie trzech mechanizmów wymiany danych :

- *Change of State* – który pozwala na generowanie komunikatów z urządzeń sensorycznych tylko wtedy, gdy ich stan uległ zmianie. Jest on szczególnie ważny w przypadkach aplikacji aperiodycznie zmieniających swoje parametry. W tym wypadku każde urządzenie jest zobowiązane do cyklicznego powiadamiania węzła master o swojej obecności i poprawnej pracy. Dzieje się to oczywiście ze znacznie mniejszą częstotliwością, by nie zakłócać ruchu w sieci.
- *Cyclic I/O* – w którym master dokonuje cyklicznego sprawdzenia stanu urządzenia z indywidualnie dobranym okresem. Ten rodzaj komunikacji jest wykorzystywany w przypadku węzłów zmieniających swój stan cyklicznie lub z dużą częstotliwością.
- *Bit Strobe* – w ramach którego węzeł master wysłał w sieć 8 bajtów danych, w których każdy bit odpowiada jednemu węzłowi. Jeżeli odbiorca ma jakieś informacje do przesłania i został poprzez swój bit o nie poproszony, to może je wysłać korzystając z normalnej procedury dostępu do łącza.

Dzięki temu istnieje możliwość takiego pogrupowania urządzeń, by przyporządkowany im mechanizm zapewniał z jednej strony najbardziej optymalną komunikację, z drugiej zaś pozwalał na jak najlepsze wykorzystanie łącza. Jest oczywiste, że w ramach jednej sieci mogą być wykorzystane wszystkie mechanizmy, nawet w odniesieniu do jednego węzła.

Na zakończenie warto przedstawić schemat struktury połączeń jakie mogą być realizowane pomiędzy i w ramach sieci DeviceNet.



Rys 5

Na rysunku 5 przedstawiono trzy sieci z których Sieć 1 jest połączona z siecią 2 poprzez Gateway - G, z uwagi na różnice zarówno w medium jak i protokole. Sieć 2 jest zbudowana z dwóch segmentów połączonych przez Segment Repeater – S. Obydwa segmenty są protokołowo jedną siecią i muszą posiadać takie same parametry fizyczne (prędkość, medium). Dwie niezależne sieci są łączone poprzez Router – R, łączący Sieć 2 i Sieć 3. Połączenie dwóch segmentów posiadających różne parametry fizyczne (Sieć3) jest realizowane poprzez Bridge – B.

#### Literatura

- [1] Rafał Tutaj : Przemysłowe Systemy Komunikacyjne, Konferencja Automation'97 Tom 2
- [2] Rafał Tutaj : Przemysłowe systemy komunikacyjne typu Fieldbus, PAR 4'97 s 32-35
- [3] Richard H. Caro : SP50 Chair Explains How Buses Relate, InTech 11'96
- [4] Tom Inglesby : Survey Rates Device and Sensor Buses, Managing Atomation 7'96
- [5] BOSCH CAN Specification, Version 2.0, Robert Bosch GmbH 1991
- [6] ODVA DeviceNet Specification Release 2.0, ODVA 1997