

PRZEMYSŁOWE SYSTEMY KOMUNIKACYJNE

Streszczenie : W referacie przedstawione zostały systemy komunikacyjne stosowane we współczesnym przemyśle. Zaprezentowany został model połączeń, klasyfikujący je i definiujący ich cechy. Szczególny nacisk położono na pokazanie indywidualnych cech każdej sieci w kontekście ich doboru i zastosowania.

Abstract: The paper present current state of industrial networks on the base of three level model. The individual features are discussed particularly wide on the context of selection and application.

1. WSTĘP

W obecnym czasie coraz częściej mówi się o świecie jako globalnej wiosce, połączonej różnymi sieciami komputerowymi. Współczesnym ludziom coraz trudniej jest wyobrazić sobie życie bez faksów a w niedalekiej przyszłości także bez Internetu. Przyczyną rozpowszechnienia się tych usług stała się ich standardowość oraz otwartość, pozwalająca na dołączanie urządzeń stworzonych przez różnych producentów. Powstała możliwość połączenia niemalże wszystkiego ze wszystkim spowodowała, że zaczęto się mocniej interesować przeniesieniem tych koncepcji do przemysłu. Jeszcze na przełomie lat 80-tych i 90-tych każdy z wiodących producentów sterowników posiadał swój własny standard sieciowy, którego zastosowanie było ograniczone jedynie do określonych urządzeń. Wyjątkiem był protokół HART, stworzony przez firmę Rosemount i udostępniony producentom zarówno sensoryki jak i systemów sterujących.

Pierwszym krokiem w kierunku realizacji otwartego połączenia stało się zaimplementowanie w dużych sterownikach (np. PLC-5 Allen-Bradley) możliwości pracy poprzez Ethernet. Sieć ta jednak z powodu przedstawionych dalej uwarunkowań za bardzo nie nadaje się do warunków przemysłowych. Zaczęto więc szukać dalej, by w końcu stworzyć kilka systemów, uznawanych obecnie za standardowe w zakresie obsługi sensoryki i układów wykonawczych. Allen-Bradley wykorzystał do stworzenia sieci DeviceNet popularny i sprawdzony wśród producentów samochodów chip komunikacyjny CAN. Z uwagi na szeroką dostępność wynalazku Bosch'a oraz udostępnienie opisu protokołu, sieć ta cieszy się dużym zainteresowaniem. Obecnie pełną koordynację nad rozwojem systemu sprawuje niezależna organizacja Open DeviceNet Vendor Association. W podobny sposób postąpił Siemens oferując własne układy do realizacji sieci Profibus-DP i tworząc Profibus Nutzer Organization, a także Phoenix Contact z magistralą Interbus-S i grupą Interbus-S Club.

Jednocześnie prowadzono prace nad stworzeniem szybkiej i efektywnej sieci dostosowanej przede wszystkim do połączenia sterowników. Tu jednak najwyższym celem przyświecającym twórcom była szybkość przetwarzania, przeważająca nad otwartością i wynikająca ze specjalnych funkcji dedykowanych takim sieciom. Wynikiem tych działań stały się, podobnie jak poprzednio, różne systemy sieciowe : ControlNet (Allen-Bradley) oraz Profibus-FMS (Siemens), tworzące obok istniejących już i ciągle używanych DH+ (Allen-Bradley) oraz Modicon (ASA) grupy połączeń międzysterownikowych.

Dodając do przedstawionych już sieci, łącze Ethernet, spinające sterowniki przemysłowe z komputerami biurowymi uzyskujemy obraz aktualnego stanu przemysłowych systemów komunikacyjnych.

2. TRÓJPOZIOMOWY MODEL SIECIOWY

Patrząc na ilość dostępnych połączeń trudno jest na pierwszy rzut oka powiedzieć kiedy i jaki rodzaj sieci stosować. Pewnym rozwiązaniem problemu wyboru jest trójpoziomowy model przemysłowych połączeń sieciowych, różnicujący sieci według przedstawionych w poniższej tabeli funkcji :

Poziom	Funkcje
Informacyjny	Połączenie z zakładowym systemem zarządzania Dodatkowa droga komunikacyjna dla sterowników
Sterowania	Połączenie peer-to-peer pomiędzy sterownikami i zespołami I/O Transfer programów
Urządzeń	Połączenie układów sensorycznych i wykonawczych. Eliminacja szeregu indywidualnych połączeń

Obok podstawowych funkcji można także określić zespół dodatkowych cech każdego poziomu

- *Otwartość* oznaczająca możliwość dołączania urządzeń różnych producentów
- *Rozmiar sieci* określający odległość pomiędzy skrajnymi węzłami sieci
- *Koszt/Węzeł* określający koszt instalacji sieci w przeliczeniu na jeden węzeł
- *Przepływ danych* określający ilość danych przesyłanych poprzez sieć pomiędzy węzłami
- *Czas odpowiedzi* określający szybkość działania zarówno sieci jak i układów komunikacyjnych
- *Determinizm* oznaczający możliwość zdefiniowania momentu dostępu do łącza wyrażonych w kolejnej tabeli :

Poziom	Otwartość	Rozmiar sieci	Koszt/Węzeł	Przepływ danych	Czas odpowiedzi	Determinizm
Informacyjny	Tak	Duży	Wysoki	Bardzo Duży	Zmienny	Nie
Sterowania	Ograniczona	Średni	Niski	Średni	Bardzo krótki	Tak
Urządzeń	Tak	Mały	Bardzo niski	Bardzo mały	Krótki	Tak

Korzystając z rozdziału funkcjonalnego, określonego przez powyższy model, można dokonać szczegółowego dopasowania odpowiedniej sieci w ramach swojego poziomu.

3. POZIOM URZĄDZEŃ

Zgodnie z powyższymi założeniami do tego poziomu zaliczyć należy *DeviceNet* oraz *Profibus-DP* oraz stosowane szeroko acz koncepcyjnie nieco różne sieci *Remote I/O* (Allen-Bradley), *Interbus-S* oraz *HART*. Podstawowym zadaniem stawianym przed każdą siecią tego poziomu jest maksymalnie szybko przekazać dane do/z procesu z zachowaniem daleko idącego bezpieczeństwa danych. Ilość danych oraz wymagana szybkość jest oczywiście zależna od rodzaju sterowanego procesu :

- *procesy dyskretne* (np. montażowe, transportowe) cechują się dużą szybkością operacji wykonywanych na obiektach dyskretnych, a więc wymagających do sterowania przede wszystkim sygnałów cyfrowych. Sterowanie takim procesem będzie więc wymagało zebrania w bardzo krótkim czasie stosunkowo niewielkiej ilości danych. Konfiguracja urządzeń w sieci (takich jak wyłączniki krańcowe, fotoelektryczne, enkodery itp.) wymaga w minimalnym stopniu (lub wcale) przesyłania danych konfiguracyjnych.
- *procesy ciągłe* (np. chemiczne, hutnicze) charakteryzują się w zdecydowanej większości umiarkowaną prędkością, pozwalającą na rzadszą z uwagi na rodzaj obiektu wymianę informacji. W tym wypadku jednak ilość danych jest znacznie większa, co wynika ze stosowania np. inteligentnych czujników podających jednocześnie cały zespół parametrów. Przy sterowaniu takim procesem istotna jest także możliwość przesyłania bardziej rozbudowanej konfiguracji
- *procesy mieszane* (np. linie obróbki plastycznej, linie szklarskie) wymagające od systemu komunikacyjnego podziału wymiany danych na krytyczne (dyskretne) i niekrytyczne (analogowe).

1.1 DeviceNet

Do obsługi obiektów o cyfrowym i mieszanym charakterze idealny wydaje się być DeviceNet, z uwagi na specyficzną, krótką postać ramki komunikatu, zdefiniowaną przez standard CAN.

1 bit	12 bitów	6 bitów	0-8 bajtów	18 bitów	7 bitów
Start	Identyfikator arbitrażowy	Pole kontrolne	Dane	Pole CRC, ACK	Koniec

Taka konstrukcja (przedstawiona w powyższej tabeli) pozwala na skomunikowanie się w krótkim czasie z wieloma użytkownikami - prędkość transmisji w DeviceNet wynosi 500 kb/s, przy minimalnej przerwie pomiędzy ramkami - 3 bity. Jednocześnie dzięki zastosowaniu algorytmu CSMA/BA (Carrier Sense Multiple Access - Bitwise Arbitration) dostęp do sieci został ściśle określony (determinizm) poprzez identyfikator, nadawany poszczególnym urządzeniom. Zapobiega to powstawaniu sytuacji w których połączenie następuje po losowym czasie. Przesłanie ramki jest możliwe tylko wtedy gdy :

- linia jest wolna (nasłuch wszystkich urządzeń - CSMA)
- przy jednoczesnym nadawaniu (urządzenia słuchają co wysyłają) wygrywa stacja z niższym identyfikatorem - BA

Na bazie CAN, definiującego poziom 2 w modelu OSI, zbudowany został poziom 7, opisujący funkcje sieci DeviceNet. Z każdym urządzeniem w sieci związany jest pewien zespół parametrów, będący obrazem *modelu obiektu* i zawierający następujące informacje :

- Informacje o producencie
- Parametry sieciowe : adres, prędkość itp.
- Definicje parametrów konfiguracyjnych
- Dane o urządzeniu widziane poprzez sieć
- Sposób komunikacji
- Format danych

Całość określana jest jako *profil urządzenia* i jest wymagana od wszystkich urządzeń w sieci. Profil jest udostępniany dla wszystkich pakietów konfiguracyjnych jako plik w formacie EDS (Electronic Data Sheet). Nad poprawnością implementacji tego modelu czuwa organizacja ODVA [1][6]. W oparciu o jednolite profile DeviceNet oferuje szereg szczególnie użytecznych funkcji :

- Mechanizm automatycznego rozpoznawania prędkości w sieci oraz przydzielania adresu. Pozwala to na szybkie dołączenie czujnika lub układu wykonawczego, nie wymagającego dodatkowej konfiguracji.
- Rozdzielenie komunikatów na *krytyczne (I/O Messages)* wymagające wysokiego priorytetu i służące do obsługi stanów wejść/wyjść (pole danych nie zawiera informacji o protokole)

oraz na *niekrytyczne (Explicit Messages)* stosowane do przesyłania danych konfiguracyjnych (część pola dane jest wtedy przeznaczona na dodatkowe informacje protokołowe). Rozdział taki pozwala na uprzywilejowanie informacji procesowej w stosunku do relatywnie mniej istotnej, konfiguracyjnej.

- Komunikacja w algorytmie *klient-serwer*, pozwalająca na generowanie komunikatów typu *multicast*. W tym trybie możliwe jest przesłanie danych z jednego urządzenia do wielu za pomocą tylko jednego komunikatu. Pozwala to np. na załączenie kilku silników jednocześnie. Pewnymi modyfikacjami tego trybu są: transmisja *gdy wystąpiła zmiana stanu (change of state)* ograniczająca niepotrzebny ruch w sieci do minimum (obok sygnalizacji zmiany stanu urządzenia podają okresowo swój status w celu identyfikacji swojej obecności) oraz transmisja *cykliczna*, szczególnie ważna w przypadku pracy z procesami ciągłymi lub mieszanymi, w których cyklicznie ale wolniej trzeba odpytywać czujniki. Zaletą tej opcji jest wyeliminowanie np. odczytu stanu czujnika poziomu zbiornika o dużej pojemności co 10ms.
- Komunikacja w algorytmie *Master/Slave*, stosowana przede wszystkim do obsługi bardziej złożonych układów sensorycznych (głównie analogowych) wymagających jednoczesnego transferu wielu parametrów oraz do konfiguracji. Z uwagi na budowę sieci oraz założenia zapewnienia bezpieczeństwa, DeviceNet pozwala na wykorzystanie wielu masterów (forma redundancji), przy czym tylko jeden master ma dostęp do elementów wykonawczych (pozostałe odczytują jedynie stan wyjść)

3.2 Profibus-DP

Z uwagi na zastosowane sposoby transmisji sieć Profibus-DP jest stosowana głównie w procesach mieszanych. Oparta o standard RS-485 zapewnia stosunkowo szybką wymianę informacji, dzięki implementacji na poziomie Fieldbus Data Link (poziom 2) dwóch usług: *Send_Data* oraz *Receive_Data*, pozwalających na wysłanie lub odczytanie szeregu danych o zmiennej długości w pojedynczym cyklu komunikacyjnym. Z uwagi na dwojaki charakter sieci Master-Master oraz Master-Slave konieczne stało się zrealizowanie połączenia dwóch metod - token passing oraz master-slave określane jako *Hybrid Medium Access*. W sieci Profibus-DP zostały zdefiniowane trzy rodzaje urządzeń:

- *DP-Master 1*, będący centralnym sterownikiem organizującym wymianę informacji
- *DP-Master 2*, będący urządzeniem programującym (komputer, ręczny programator)
- *DP-Slave*, który jest urządzeniem sensoryczno-wykonawczym, mogącym wymieniać do 246 bajtów danych (typowo 32)

Z punktu widzenia procesu przemysłowego najważniejsza jest wymiana informacji pomiędzy DPM1 (jednym lub wieloma) i grupą DPS. Podobnie jak w przypadku DeviceNet przy pracy multimaster wszystkie stacje DPM1 mogą odczytywać stan wejść/wyjść oraz status urządzenia zaś tylko jeden, ściśle określony, ma możliwość ustawiania wyjść. Po skonfigurowaniu modułu DPM1 komunikacja rozpoczyna się fazą parametryzacji polegającą na sprawdzeniu poprawności parametrów stacji master oraz slave. Ma to szczególnie duże znaczenie w przypadku urządzeń o dużej ich liczbie (regulatory, rozbudowane falowniki itp.) Układ parametrów jest podobnie jak poprzednio wyznaczany poprzez profil [2]. Właściwy transfer występuje dopiero po poprawnym zakończeniu pierwszej fazy. Zabezpiecza to system przed przesłaniem danych do błędnego urządzenia (eliminacja strat czasowych i ryzyka uszkodzenia). Życie sieci Profibus-DP jest związane z trybami pracy modułu mastera DPM1:

- *Stop* w którym system jest zatrzymany
- *Operate* w którym wykonywane są wszystkie funkcje komunikacyjne
- *Clear* który jest stanem pracy awaryjnej. W tym trybie master odczytuje stan wejść

obiektywnych, zaś wyjścia załącza w stan *fail-state*. Jest to bardzo istotna właściwość Profibus-DP, polegająca na podaniu każdemu urządzeniu wyjściowemu zestawu parametrów, jakie mają być przyjęte w przypadku jakichkolwiek awarii. W podobny sposób reaguje system na awarię jednego z układów DPS. Przy ustawionej opcji *Auto_Clear* cały system jest przełączany w *fail-state* a moduł DPM1 w stan *Clear*. Przy zdjęciu tej opcji system daje użytkownikowi możliwość skonfigurowania akcji.

Warto także wspomnieć o możliwości synchronizacji wyjść obiektywnych, przy wykorzystaniu opcji *Sync* (kolejne stany wyjściowe są buforowane i uaktualniane kolejną komendą) oraz opcji *Freeze* pozwalającą na zamrożenie wejść w aktualnym stanie i uaktywnianiu ich również kolejną komendą.

3.3 Remote I/O, Interbus-S

Obydwie te sieci zostały skonstruowane w oparciu o mechanizm master-slave. Z jednej strony pozwala to na uzyskanie dużej efektywności połączenia (ramka zawiera obok danych jedynie kod urządzenia i kod funkcji do wykonania) z drugiej zaś uniemożliwia realizację połączenia peer-to-peer i innych swobodnych mechanizmów sieciowych. Połączenie poprzez Remote I/O jest szczególnie często stosowane do obsługi typowych modułów rozproszonych (jak Flex I/O) stanowiących defacto ciąg dalszy kasety sterownikowej. Tu diagnostyka oparta jest jedynie na testowaniu poprawności transmisji i obecności w sieci. Nieco inaczej wygląda koncepcja Interbus-S, w którym zastosowano oryginalny pomysł połączenia wszystkich urządzeń w pierścień [3]. W przypadku pracy master-slave taki typ łącza umożliwia łatwe i szybkie zlokalizowanie uszkodzenia kabla sieciowego oraz co najważniejsze nie powoduje zatrzymania pracy sieci. Wiąże się to jednak z pewnymi ograniczeniami topologicznymi takiej struktury. Dzięki dwustronnej konstrukcji bufora w module master, wpisywanie i czytanie danych poprzez Interbus-S może odbywać się jednocześnie (Full Duplex). Z uwagi pracę z wykorzystaniem krótkiej ramki sieć ta z powodzeniem pracuje w procesach dyskretnych, zaś dodany mechanizm cyklicznej fragmentacji pozwala na obsługę systemów bardziej złożonych.

3.4 HART

Dotąd wszystkie przedstawione systemy opierały się na transmisji danych w postaci stricte cyfrowej. Nieco odmienny sposób wymiany informacji został zastosowany w protokole HART. Stworzony w latach osiemdziesiątych miał za zadanie obsługiwać inteligentne czujniki, podające szereg parametrów jak np. przepływ, zakres pomiarowy, stan czujnika itp. Przy klasycznym połączeniu 4-20 mA przesyłanie tak rozbudowanej informacji jest niemożliwe. Zdecydowano się więc na wykorzystanie standardu Bell 202 polegającego włączeniu do podstawowego przebiegu modulowanego sygnału ± 0.5 mA reprezentującego przy częstotliwości 1.2 kHz „1”, zaś przy 2.2 kHz „0” [4]. Zastosowanie stosunkowo prostej składni ramek oraz kodów funkcyjnych pozwoliło na zbudowanie otwartego systemu, do którego przystąpili wszyscy wiodący producenci systemów dla procesów ciągłych. Obecnie przy wykorzystaniu sterownika PLC-5 (Allen-Bradley) istnieje możliwość dołączenia do 32 czujników pracujących w sieci i co najważniejsze wykorzystujących istniejące okablowanie uprzednio przewidziane tylko do pracy point-to-point 4-20 mA. Jediną wadą systemu HART jest niewielka prędkość transmisji 1.2 kb/s, co powoduje że czas transferu jednej zmiennej wynosi około 0.5 s. Dlatego też HART znajduje szerokie zastosowanie w sterowaniu stosunkowo wolnymi procesami ciągłymi.

3.5 Fieldbus

Z uwagi na szerokie zapotrzebowanie na efektywne połączenie układów regulacyjnych, czujników i bloków wykonawczych w procesach ciągłych, w 1992 roku powstały dwie grupy: Interoperable Systems Project oraz WorldFIP, których celem stało się stworzenie standardu komunikacyjnego. Prowadzone równoległe prace doprowadziły do połączenia obydwu grup i stworzenia organizacji Fieldbus Foundation. W chwili obecnej opracowany został model *Device Description Language*, definiujący grupy parametrów dla urządzeń (odpowiednik profilu) oraz przeprowadzone zostały pierwsze połowe testy na terenie fabryki Mosanto's Chockolate Bayou.[8] Docelowo mają powstać dwie sieci: *H1* dostosowana do obsługi układów I/O o prędkości 31.2 kbaud oraz *H2* do łączenia segmentów *H1* i sterowników o prędkości 1 lub 2.5 Mbaud.[9]

4. POZIOM STEROWANIA

Zasadniczą funkcją stawianą przed tym poziomem jest zapewnienie poprawnej wymiany danych przede wszystkim pomiędzy sterownikami oraz sterownikami i terminalami operatorskimi. Definicję poprawności w tym kontekście można określić jako:

- przesyłanie danych w czasie rzeczywistym, co wiąże się z zapewnieniem milisekundowych czasów transmisji. Może być to w pełni zrealizowane jedynie za pomocą systemów o prędkości rzędu megabodów
- transfer w sposób deterministyczny i powtarzalny. Pozwala to na jednoznaczne określenie kiedy nastąpi wymiana informacji i upewnia użytkownika o niezmienności tych okresów.
- blokowanie sieci w czasie transmisji pakietów danych.
- szybką diagnostykę komunikatów, w celu zminimalizowania czasu potrzebnego na ponowienie transmisji w wypadku powstania błędów
- programowanie sterowników i terminali MMI (Man-Machine Interface).
- szybką autokonfigurację sieci w wypadku dołączenia lub odłączenia urządzenia.
- łatwe stwierdzenie uszkodzenia urządzenia lub złej jego konfiguracji.
- odporność na zakłócenia zewnętrzne

Spełnienie przedstawionych warunków w pewien istotny sposób ogranicza otwartość takiego systemu z uwagi na konieczność bardzo szczegółowego testowania wszystkich urządzeń sieciowych. Nie jest to jednakże warunek specjalnie wymagany, gdyż z uwagi na brak jednolitego oprogramowania sterownikowego (norma IEC 1131 generalnie jest akceptowana tylko częściowo), sieci poziomu sterownikowego spinają sprzęt głównie jednego producenta. Zdecydowanie na czele jest Allen-Bradley z połączeniem *ControlNet* oraz Siemens z *Profibus-FMS*, pozwalającymi także na dołączanie pewnych specjalizowanych układów kondycjonujących (np. modułów FlexI/O) co umożliwia w pewnych przypadkach (specjalizowane czujnik analogowe) na ingerencję w niższy poziom. Nicco dalej (z uwagi zarówno na prędkość jak i inne cechy) można umieścić *DH+* (Allen-Bradley) oraz pozwalające na stosunkowo niskie prędkości *Modbus* (ASA) oraz *DH-485* (Allen-Bradley).

4.1 ControlNet

W celu jednoczesnego zapewnienia dużej prędkości i ochrony elektrycznej od zakłóceń zastosowano tu połączenie z wykorzystaniem kabla koncentrycznego. Z uwagi na modularną budowę sieci [7], polegającą na jej podziale na repeatery, dołączony został mechanizm przetaczania w wypadku detekcji błędu czy awarii. W warunkach szczególnego

narażenia na zerwanie połączenia lub silne jego zakłócenie ControlNet posiada możliwość pozwalającą na równoległą pracę dwóch linii (kabli) przelączanych w momencie awarii lub pracujących jednocześnie przy wykorzystaniu komparacji danych. Od strony protokołowej sieć pracuje zgodnie z systemem *CTDMA* (Concurrent Time Domain Multiple Acces), polegającym na podziale okna transmisji (czasu pomiędzy kolejnymi seriami komunikatów-*NUT* Network Update Time) na dane krytyczne (informacje o procesie, status sterowników) oraz niekrytyczne (transfer oprogramowania itp.) Pierwsze z nich, określane jako uporządkowane są przesyłane w taki sposób by zapewnić poprawny ich transfer w stałych, powtarzalnych okresach *NUT*. Dane niekrytyczne (nieuporządkowane) są przesyłane tylko wtedy gdy jest jeszcze wolne miejsce w ramach czasu *NUT*. W oknie znajduje się jeszcze czas dla statusu sieci. Zastosowanie modelu klient-serwer pozwala na dodatkowe zwiększenie efektywności połączenia, dzięki rezygnacji z pól adresat-nadawca i zastąpieniu ich unikalnym identyfikatorem w ramce komunikatu.[5] Cechy te, przy prędkości 5 Mbaud, pozwalają na szybkie, bezpieczne i zdeterminowane przesyłanie danych pomiędzy urządzeniami. Wymiana ta jest zależna od rodzaju danych : dane krytyczne są przesyłane okresowo na podstawie tabel *Map Entries Configuration* w każdym urządzeniu (zarówno dane I/O jak i komuniaty), dane niekrytyczne wymagają zaś wykonania odpowiedniej instrukcji *CIO* (ControlNet I/O Block Transfer) lub *MSG* (ControlNet Message).

4.2 Profibus-FMS

Bazą wyjściową dla tej sieci jest fragment standardu *MAP* określany jako *Manufacturing Message Specification*, zoptymalizowany pod kątem wymagań poziomu sterowania. Część każdego urządzenia, widziana z poziomu sieci, jest nazywana *Virtual Field Device* i zawiera w sobie katalog obiektów *Object Dictionary*, do których dozwolony jest dostęp poprzez sieć. Dzięki indeksowej organizacji obiektów znacznie skrócony został format ramki i tym samym czas dostępu. Dużą zaletą takiej definicji jest możliwość dynamicznej zmiany zawartości *OD* w zależności od potrzeb urządzenia. Sieć *FMS* może pracować w trybie :

- *połączeniowym* stosowanym do wymiany danych
- *bezpoleczeniowym* stosowanym do przesyłania informacji synchronizującej lub alarmowej w trybie *multicast*.

Tryb połączeniowy organizuje transfer w sposób *zdefiniowany*, gdy parametry partnera są definiowane na poziomie budowy sieci (duże bezpieczeństwo) oraz w sposób *otwarty* nie wymagający dodatkowych konfiguracji (bardzo dobre dla niewielkich układów). Jednocześnie można określić pracę jako acykliczną (głównie w stosunku do innych sterowników) oraz jako cykliczną, stosowaną przy komunikacji z układami z poziomu urządzeń. Nad całością czuwa specjalny mechanizm wykorzystujący (podobnie jak w *ControlNet*) listy połączeń *Communication Relationship List*.

4.3 DH+

Z uwagi na pewne ograniczenia (brak dostępu do niższego poziomu, token-passing) sieć ta nieco odbiega od przedstawionych powyżej. Warto jednak wskazać ją z uwagi na prostotę instalacji (skrętka ekranowana, trunk-line lub drop-line, RS-485) idącą w parze z stosunkowo dużą prędkością 230 kbaud i efektywnym mechanizmem zabezpieczeń. Łatwość konfiguracji od strony sterownika czy też stacji *MMI* powoduje, że znajduje ona szerokie zastosowanie aplikacjach o niezbyt krytycznych wymogach dotyczących efektywności. (średnia efektywność rzędu 230 komunikatów na sekundę)

5. POZIOM INFORMACYJNY

Podstawową funkcją stawianą przed tą częścią modelu sieciowego jest zapewnienie wymiany informacji pomiędzy częścią produkcyjną a częścią biurowo-dyrekcyjną w zakładzie. Połączenie takie cechuje się przede wszystkim brakiem występowania czasów krytycznych (opóźnienie kilkunastu czy kilkuset milisekund nie powoduje żadnych zakłóceń) oraz dużą ilością danych reprezentujących zbiorcze informacje o procesie jak : raporty zmianowe, ilość braków i przestoju, rodzaj produkcji itp. Z uwagi na te dwie cechy idealnym i szeroko już stosowanym rodzajem łącza stała się sieć Ethernet. Rozpowszechniona w aplikacjach biurowych (Novell) pozwala na szybkie (typowo 10 Mbaud) i stosunkowo tanie połączenie, bez specjalnych zmian zarówno po jednej stronie jak i po drugiej. Niestety zastosowanie tego wygodnego narzędzia jako sieci niższych poziomów jest niemożliwe z uwagi na nieterministyczne roztrzygnięcie kolizji w mechanizmie CSMA/CD.

6. WNIOSKI

Przedstawiony w referacie przegląd pokazuje wielość istniejących obecnie możliwości realizacji przemysłowych łączy komunikacyjnych. Podanie jednoznacznej recepty na dobór tej czy innej sieci do danej aplikacji jest trudne z uwagi na zachodzenie podstawowych cech każdej z nich na siebie. Możliwe jest jednak wyselekcjonowanie właściwego rozwiązania na podstawie szczególnych własności, pokazanych w referacie. Innym problemem wydaje się być powstająca w rezultacie konieczność spięcia kilku sieci do jednego centralnego sterownika, choć jak pokazuje przykład systemów Allen-Bradley jest to możliwe i w praktyce z powodzeniem stosowane.

Literatura

- [1] Connected with DeviceNet, ODVA, USA 1996
- [2] Profibus; PNO, Niemcy 1995
- [3] Interbus-S The Sensor/Actuator Technology, Interbus-S Club, Niemcy, 1996
- [4] Hart Technische Übersicht, HART Foundation, USA 1995
- [5] ControlNet System Overview, Allen-Bradley, USA 1996
- [6] Rafał Tutaj : Systemy automatyki firmy Allen-Bradley, Przemysłowe systemy komunikacyjne cz 1, Elektronika Praktyczna 10/96, s 15-17
- [7] Rafał Tutaj : Systemy automatyki firmy Allen-Bradley, Przemysłowe systemy komunikacyjne cz 2, Elektronika Praktyczna 11/96, s 19-21
- [8] Brian Pelletier : Fieldbus and DeviceNet - Separate but Equal, AB Journal 3/96, s 13-21
- [9] Mark Boland : Upgraded Instrumentation, Chemical Engineering 9/95, s 80-87