

# Systemy automatyki firmy Allen-Bradley, część 5

## Przemysłowe systemy komunikacyjne, część 2

*W drugiej części artykułu prezentującego rozwiązania sieciowe przedstawimy aktualności dotyczące dwóch kolejnych poziomów sieciowych - poziomu sterowania oraz poziomu informacyjnego. Z jednej strony przedstawione zostały standardowe, stosowane od kilku lat, rozwiązania firmy Allen-Bradley DH-485 oraz DH+, z drugiej zaś systemy pozwalające na realizację bardzo złożonych i skomplikowanych połączeń.*

W poprzednim artykule szeroko zaprezentowany został sieciowy poziom urządzeń. Pozwala on na szybkie dostarczenie danych pomiarowych z procesu do sterownika, oraz na przesłanie sygnałów sterujących w przeciwnym kierunku. W ten sposób system tania i efektywnie steruje pracą naszego obiektu. Ale z uwagi na istniejące ograniczenie ilości obsługiwanych sygnałów, w pewnym momencie stajemy przed problemem braku możliwości połączenia następnych urządzeń. Natychmiast nasuwa się proste rozwiązanie, polegające na zastosowaniu następnego sterownika, również wyposażonego w sieć „urządzeniową”. Przy takim rozwiązaniu w aplikacji powstają dwa niezależne systemy sterujące odpowiednimi fragmentami obiektu. I tu zarysowuje się kolejny problem - synchronizacja pracy sterowników. W celu zapewnienia poprawnej pracy całego obiektu konieczna jest szybka i ciągła wymiana danych pomiędzy sterownikami. Zastosowanie jednej z sieci poziomu urządzeń RIO lub DeviceNet jest w tym wypadku niewskazane z uwagi na ich charakter. W sieciach typu Master-Slave (RIO) transmisja odbywa się wyłącznie na żądanie skanera. Co prawda w DeviceNet istnieje możliwość zainstalowania kilku skanerów, ale protokół sieciowy przygotowany został specjalnie do obsługi urządzeń sensorycznych i wykonawczych. Fakty te spowodowały stworzenie drugiego poziomu sieciowego - poziomu sterowania. Zasadniczą jego funkcją jest zapewnienie poprawnej wymiany danych pomiędzy sterownikami, terminalami operatorskimi oraz urządzeniami programującymi. Analizując przyczyny powstania tego poziomu, możemy zdefiniować co to znaczy poprawna wymiana danych. Jest to połączenie umożliwiające:

- przesyłanie danych w czasie rzeczywistym, co wiąże się z zapewnieniem milisekun-

dowych czasów transmisji. Może być to w pełni zrealizowane jedynie za pomocą systemów o prędkości rzędu megabodów (milionów bitów na sekundę).

- 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,
- szybka diagnostyka komunikatów, w celu zminimalizowania czasu potrzebnego na ponowienie transmisji w wypadku powstania błędów,
- programowanie sterowników i terminali MMI (ang. Man-Machine Interface),
- szybka autokonfiguracja sieci w wypadku dołączenia lub odłączenia urządzenia,
- łatwe stwierdzenie uszkodzenia urządzenia lub złej jego konfiguracji,
- odporność na zakłócenia zewnętrzne.

Dla spełnienia powyższych warunków Allen-Bradley stworzył przed kilkoma laty dwie sieci Data Highway 485 (DH-485) oraz Data Highway Plus (DH+). Z początku były one dedykowane dwóm grupom sterowników: DH-485 dla serii SLC-500 oraz DH+ dla serii PLC-5. Takie zróżnicowanie wynikało z odmiennych po-

trzeb każdej klasy. Obecnie procesory 5/04 posiadają już port do komunikacji również via DH+. Stało się to za sprawą znacznego zwiększenia mocy obliczeniowej tychże procesorów.

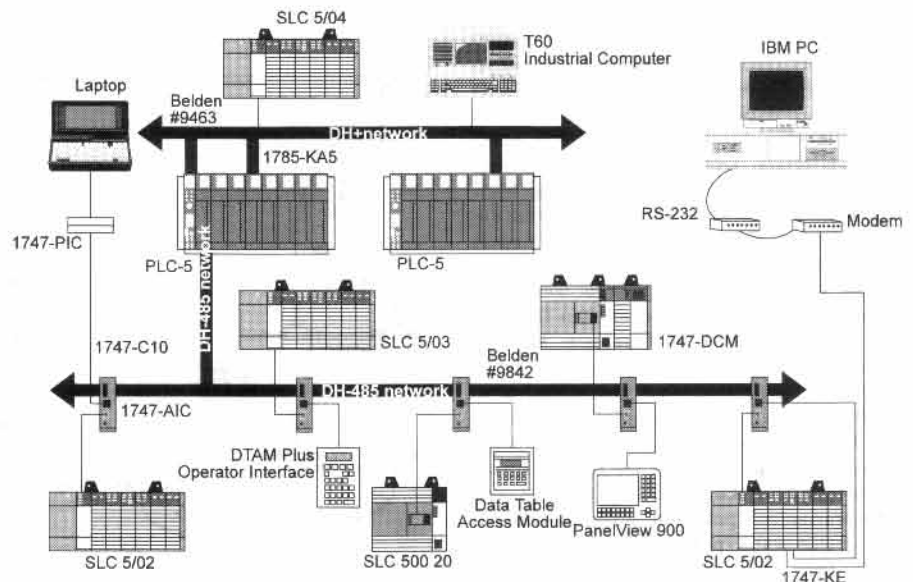
Sieć DH-485 została skonstruowana na bazie standardu RS-485. Jest ona prowadzona za pomocą podwójnej skrętki w ekranie, oraz za pośrednictwem specjalnych złączy

AIC. Maksymalna długość sieci wynosi 1219m przy prędkości maksymalnej 19.2kbaud. Na

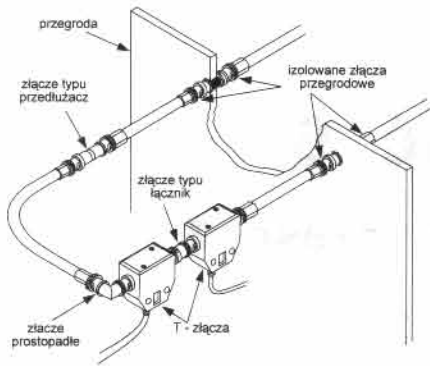
rys.1 zaprezentowany został rdzeń sieci rozdzielny złączami AIC. Spełniają one dwie funkcje: umożliwiają dostęp do

sieci sterownikom oraz terminalom, poprzez dwa oddzielne porty oraz izolują tak wykonane połączenia od właściwej sieci przed przepięciami do 1500 V. Odleglenia mogą mieć maksymalną długość 6m i w związku z optoizolacją, są prowadzone specjalnie przygotowanymi kablami, pozwalającymi na zasilanie modułu AIC ze sterownika.

Od strony funkcjonalnej DH-485 zapewnia zarówno wymianę danych pomiędzy sterownikami jak i możliwość programowania wszystkich urządzeń z komputera, dołączonego do sieci poprzez interfejs na RS-232 (typu PIC) lub poprzez specjalizowane karty

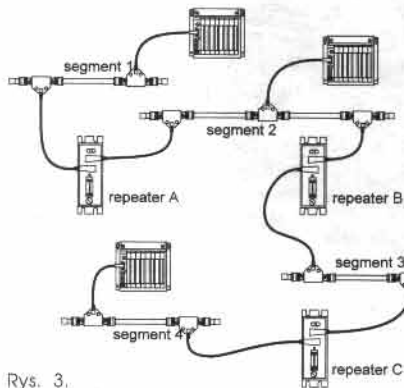


Rys. 1.



Rys. 2.

KTX lub KTXD. Oprogramowanie sterowników odbywa się przy użyciu pakietu APS, bez konieczności jakichkolwiek ustawień w samym SLC-500. Podobnie wygląda transfer programu w przypadku terminali operatorskich. Zasadniczą cechą systemów MMI produkcji Allen-Bradley jest ich „przezroczystość” dla sterowników, co pozwala na swobodne ich dołączanie bez zmian w programach. Jest to szczególnie ważne w już istniejących aplikacjach. Dołączenie każdego nowego węzła (kolejnego urządze-



Rys. 3.

nia) w sieci jest widziane jedynie jako pojawienie się 1 w odpowiednim polu 32-bitowego rejestru, reprezentującego wszystkie węzły (wynika to z ograniczenia liczby węzłów do 32). Na tej podstawie możliwe jest określenie czy adresat komunikatu jest aktywny czy też nie. Ta cecha jest często wykorzystywana przy organizacji transmisji pomiędzy sterownikami. W celu uniknięcia zbędnego powtarzania, przed nawiązaniem komunikacji odbywa się testowanie obecności adresata. Gdy wynik jest poprawny uruchamiana jest komenda MSG (ang. Message), pozwalająca na przesłanie porcji danych (opcja Write) lub ich odczyt (opcja Read). Obok adresów w pamięciach sterowników (skąd i dokąd) i numeru węzła adresata podaje się także rodzaj sieci (DH-485 lub DH+ dla 5/04) i jej topologię. Poprzez połączenie lokalne rozumie się łącze w ramach tej samej sieci (np. sterowniki 5/03 i 5/02 na rys 1.), zaś jako zdalne określane jest łącze poprzez bridge (np. KA5 do sieci DH+). W ten sposób będą się komunikować sterowniki 5/04 lub PLC-5 i np. 5/03. W obydwu wariantach połączeń, wymiana danych jest realizowana poprzez jedną instrukcję MSG, przy czym jest całkowicie obojętne czy będzie to MSG w 5/04 z opcją write, czy

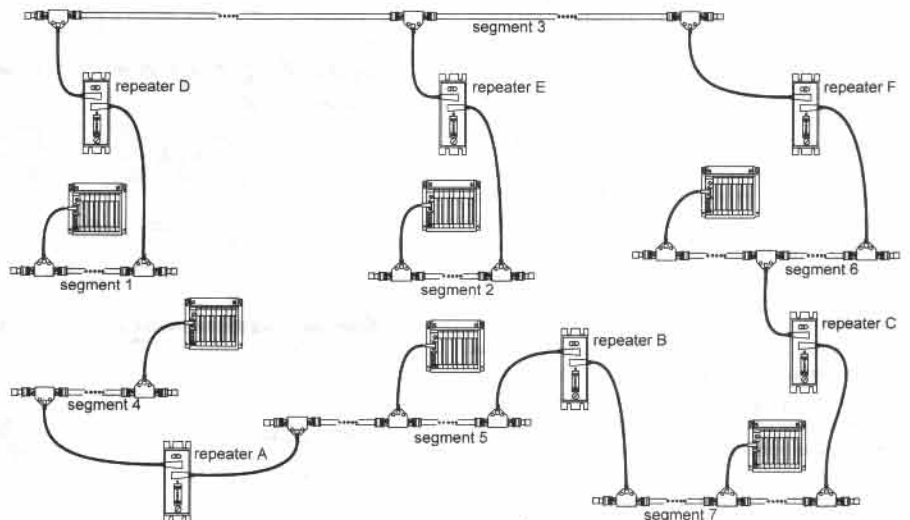
też MSG w 5/03 z opcją read. Zazwyczaj wybiera się szybszy lub mniej obciążony procesor.

Druga z sieci tego poziomu, DH+ została skonstruowana specjalnie z myślą o sterownikach PLC-5, choć jak zostało to już wspomniane wykorzystują ją także SLC-500. Funkcjonalnie DH+ jest identyczna jak sieć DH-485. Różnice są widoczne jedynie na poziomie układów transmisyjnych, pozwalających na standardową pracę z prędkością 57.6kbaud oraz w najnowszych procesorach z 230kbaud. W obydwu wypadkach zasięg sieci wynosi 3000m, przy maksymalnym obciążeniu 64 węzłami. Prowadzenie odbywa się za pomocą tradycyjnej skrętki ekranowanej, bez konieczności wykorzystywania izolatorów. Możliwe jest jednak zastosowanie specjalnych puszek łączeniowych, pozwalających na realizację odgałęzień o długości do 30m.

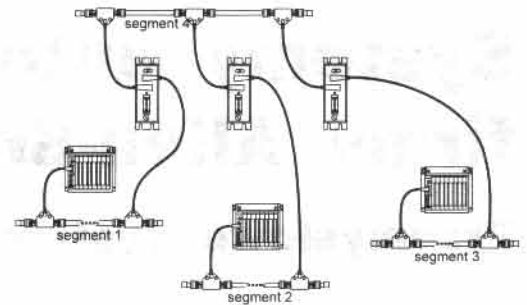
Przedstawione powyżej systemy sieciowe znajdują z powodzeniem zastosowanie w wielu rozmaitych aplikacjach. Obserwuje się jednak od pewnego czasu wyraźne zapotrzebowanie na system o znacznie większej przepustowości, dużym zasięgu i powiększonej liczbie węzłów. Ponieważ żaden z istniejących standardów tego typu nie zapewniał dodatkowo pełnej diagnostyki, elastyczności konfigurowania i łatwości rozbudowy, to też Allen-Bradley stworzył własny system określany jako ControlNet.

W związku z wymogiem zapewnienia wysokiej odporności na zakłócenia pochodzące z obiektu (przebiecia, interferencje itp.) konieczne stało się zastosowanie bardziej odpornych połączeń czyli przewodów współosiowych (stosowanych także w telewizji kablowej) oraz światłowodów. Również pewnym zmianom uległ sposób prowadzenia sieci. Dzięki dostępności szeregu złączek możliwa jest bezstratna realizacja zakrętów, przedłużeń oraz przecisków przez ściany. Warto zwrócić uwagę na specjalną konstrukcję T-złączek, stosowanych do dołączania urządzeń poprzez 1m kabel (rys.2). W wypadku ControlNet mogą się one znajdować dowolnie blisko siebie.

Takie rozwiązanie okablowania pozwoliło



Rys. 5.



Rys. 4.

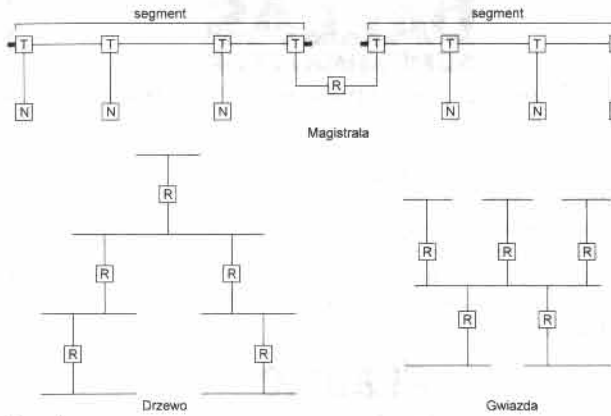
na zwiększenie prędkości transmisji do 5 Mbaud. Jednocześnie powstała możliwość realizacji różnych topologii sieci, dzięki zastosowaniu repeaterów. Pozwalają one na szeregowe (rys. 3) rozbudowanie magistrali do 6 kilometrów, podzielonej pięcioma repeaterami na sześć 1 km segmentów.

Pozwala to na zrealizowanie sieci obejmującej nawet bardzo rozległe zakłady przemysłowe. W niektórych jednak aplikacjach wskazane jest uzyskanie odczepów dłuższych niż 1m. Wtedy buduje się sieć w postaci równoległej: jako główną magistralę i dołączone do niej odczepy, tworzone przez repeatery i lokalne magistrale (rys. 4).

W związku z ograniczeniem do 48 T-złączek w segmencie istnieje możliwość zastosowania co najwyżej 48 takich odczepów, przy czym długość segmentu zmniejsza się wtedy do 250m. Najczęściej jednak mamy do czynienia z systemem mieszanym, przedstawionym na rys 5, i pozwalającym na najlepsze dopasowanie trasy sieci do potrzeb zakładu.

Korzystając z tych możliwości możemy połączyć do 99 węzłów (sterowników, komputerów i MMI, repeatery nie są do tej liczby wliczane) w sieć typu magistrala, drzewo oraz gwiazda (rys.6), przy czym należy pamiętać by od jednego sterownika do drugiego prowadziła tylko jedna droga sieciowa.

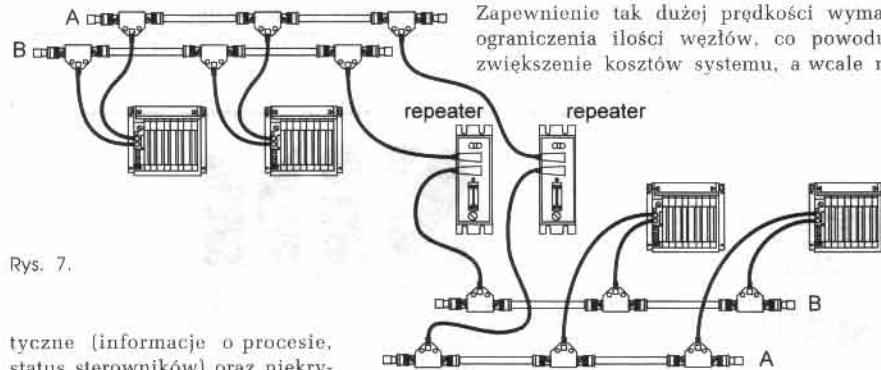
Obok tradycyjnych mechanizmów ochrony sieci zastosowano detekcję błędów repeatera, sygnalizowanego poprzez zmianę stanu bitu statusowego i pozwalającą na załączenie zastępczego, gdy pierwotny jest uszkodzony. W wypadku szczególnie wysokiego ryzyka wystąpienia zakłóceń lub na-



Rys. 6.

rażenia kabla na zerwanie, sieć ControlNet prowadzona jest dwoma, identycznie skonfigurowanymi magistralami, dzięki zdwojeniu portów komunikacyjnych w procesorach oraz terminalach MMI (rys.7). Przy takim połączeniu wymiana danych odbywa się jednocześnie po obydwu liniach i uzyskane informacje są porównywane ze sobą w celu wykrycia ewentualnych błędów.

Od strony protokołowej sieć pracuje zgodnie z systemem CTDMA (ang. Concurrent Time Domain Multiple Access), polegającym na podziale okna transmisji (czasu pomiędzy kolejnymi seriami komunikatów-NUT Network Update Time) na dane kry-



Rys. 7.

tyczne (informacje o procesie, status sterowników) oraz niekrytyczne (transfer oprogramowania itp.) Pierwsze z nich, określane jako uporządkowane są przysyłane w taki sposób by zapewnić poprawny ich transfer w stałych, powtarzalnych okresach NUT. Dane niekrytyczne (nieuporządkowane) są przysyłane tylko wtedy gdy jest jeszcze miejsce w ramach czasu NUT. W oknie znajduje się

jeszcze czas dla statusu sieci (rys.8).

Zastosowanie najnowszego modelu producent-konsument (w ramce komunikatu zrezygnowano z pól adresat-nadawca i zastąpiono je unikalnym identyfikatorem) pozwala na dodatkowe zwiększenie efektywności połączenia.

Całość sieci jest konfigurowana za pomocą pakietów narzędziowych z poziomu komputera. Jednym z nich jest oprogramowanie dla PLC-5, w którym dostępna jest opcja

AutoNetwork, odczytująca automatycznie ustawienia sieci i wpisująca je do statusu portu ControlNet. Do nawiązania komunikacji pomiędzy sterownikami wykorzystuje się komendę MSG (podobnie jak w DH-485/DH+). Z uwagi na możliwość dołączenia terminali Flex I/O oraz kaset SLC-500/PLC-5 wyposażonych w adapter ControlNet, wprowadzone zostały specjalne instrukcje odczytu ID1 oraz wpisu ID0 do obsługi tych urządzeń. Terminali MMI oraz komputery komunikują się poprzez bezpośredni dostęp do odpowiednich zasobów.

Tu zapewne pojawi się pytanie dotyczące zwiększenia prędkości np. do 10Mbaud. Jest to możliwe ale kosztem innych parametrów. Zapewnienie tak dużej prędkości wymaga ograniczenia ilości węzłów, co powoduje zwiększenie kosztów systemu, a wcale nie

gwarantuje zwiększenia przepustowości. Podobnie wygląda sprawa z układami przetwarzania danych procesowych, które muszą sprostać nowym wymaganiom. Realizacja wymogu odporności sieci wydaje się być bardziej znacząca niż wskaźnik prędkości przesyłu danych.

Tak rozbudowanych wymogów nie posiadają sieci najwyższego, trzeciego poziomu - informacyjnego. Wynika to z zastosowania tej warstwy do połączenia części przemysłowej (głównie sterowników) z ogólnozakładowymi komputerami i systemami zarządzania. W takim wypadku sieć ta musi się charakteryzować następującymi cechami:

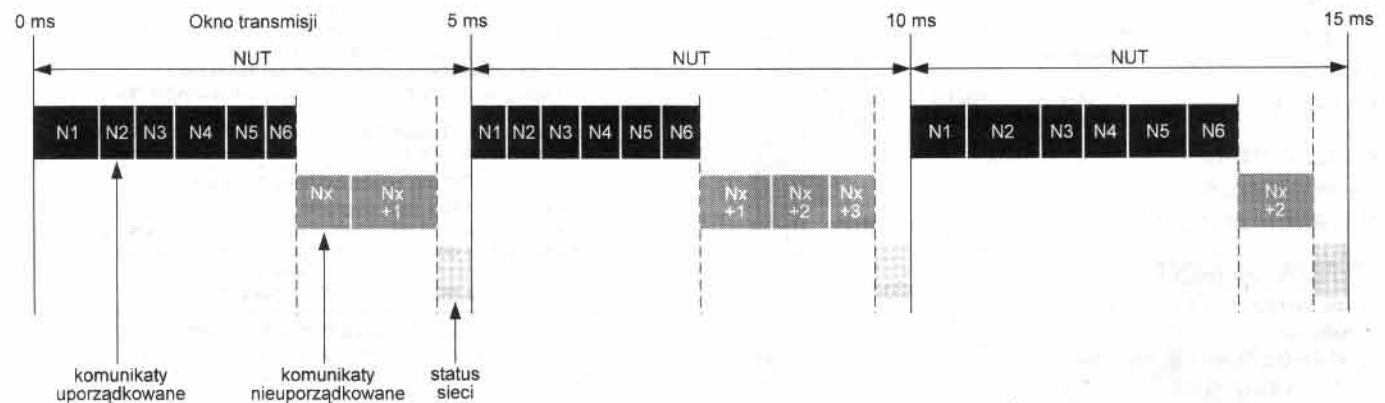
- umożliwiać jednoczesne połączenie sterowników i komputerów,
- zapewniać połączenie sprzętu różnych producentów,
- pracować w pod kontrolą różnych systemów operacyjnych,
- pozwalać na transfer dużych bloków danych, w krótkim ale nie krytycznym czasie.

Takie warunki są z powodzeniem spełniane przez łącze typu Ethernet. Dzięki zastosowaniu odpowiednich portów w procesorach PLC-5 możliwe stało się bezpośrednie połączenie już istniejących systemów biurowych z niedostępną dotąd częścią produkcyjną. Od strony sterownika wymiana danych odbywa się poprzez zastosowanie komendy MSG, zaś od strony komputera jest obsługiwana przez odpowiedni driver.

Patrząc na przedstawiony powyżej opis można stwierdzić, że Ethernet jest również idealną siecią dla poziomu sterowania. Niestety, mimo zalety 10 i więcej (teoretycznie 100) Mbodów, pracy wieloplatformowej i przesyłu dużych bloków danych, posiada jedną cechę skutecznie eliminującą ją z poziomu sterowania - system detekcji i korekty błędów CSMA/CD (ang. Carrier Sensed Multiple Access / Collision Detect). Każdy z węzłów przed nadawaniem słucha sieci w celu sprawdzenia czy ktoś nie nadaje. Jeżeli łącze jest wolne to rozpoczyna się proces transmisji. W wypadku jednoczesnego rozpoczęcia przez dwa urządzenia występuje kolizja, utrata danych i wznowienie transmisji po losowym czasie, co jest niedeterministyczne. Dodatkowo na fakt ten wpływa zmiana prędkości w sieci w zależności od liczby węzłów. Jest oczywiste, że dwie ostatnie cechy nie wpływają w sposób szczególny na pracę Ethernetu jako sieci poziomu informacyjnego.

**Rafał Tutaj**

*Autor jest pracownikiem działu Allen-Bradley firmy Elmark.*



Rys. 8.