

Emil MICHTA

Politechnika Zielonogórska, Instytut Metrologii Elektrycznej

PRZETWARZANIE ROZPROSZONE W SIECIACH PRZEMYSŁOWYCH¹

Streszczenie. W artykule przedstawiono warunki realizacji przetwarzania rozproszonego w rozproszonych systemach pomiarowo-kontrolnych (RSPK) o architekturze sieciowej. Przedstawiono wyniki analizy wpływu przetwarzania rozproszonego na obciążenie sieci przemysłowej. Zaprezentowano sposób realizacji przetwarzania rozproszonego z wykorzystaniem techniki regułowej.

DISTRIBUTED PROCESSING IN INDUSTRIAL NETWORKS

Summary. In the paper, conditions of distributed processing in distributed measurement and control systems based on network architecture are presented. Results of analysis of distributed processing influence on industrial network load are shown. Distributed processing with use of rules method is outlined.

1. Wprowadzenie

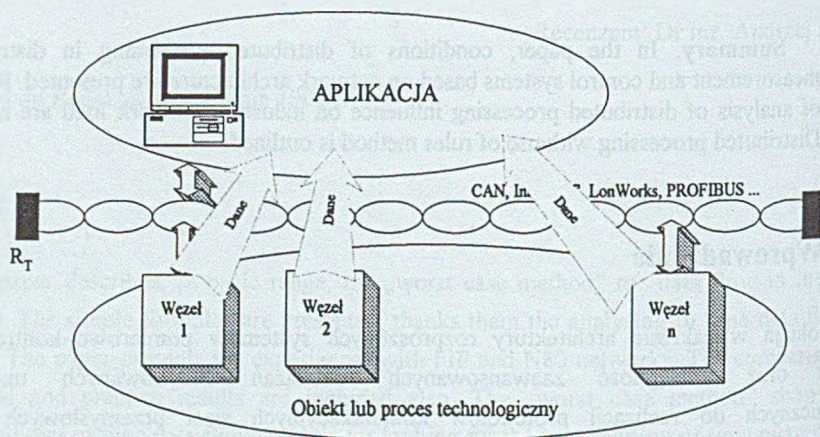
Ewolucja w zakresie architektury rozproszonych systemów pomiarowo-kontrolnych (RSPK) oraz dostępność zaawansowanych rozwiązań dedykowanych układów elektronicznych do realizacji protokołów komunikacyjnych sieci przemysłowych oraz dostępność narzędzi projektowo-uruchomieniowych i konfiguracyjnych stwarza warunki do realizacji przetwarzania rozproszonego w środowisku sieci przemysłowych [10]. W artykule zdefiniowano przetwarzanie rozproszone w sieciach przemysłowych oraz przedstawiono warunki, jakie powinno spełnić środowisko sieci przemysłowych, które tworzą protokoły komunikacyjne, węzły sieci przemysłowej i programy narzędziowe i użytkowe, ażeby można

¹ Praca wykonana w ramach Grantu nr 8T10C 02414.

było w prosty sposób realizować na najniższym poziomie programy aplikacyjne wykorzystujące moc obliczeniową inteligentnych węzłów pracujących w rozproszonym systemie pomiarowo-kontrolnym (RSPK). Podano przykład implementacji przetwarzania rozproszonego z wykorzystaniem techniki regułowej.

2. Przetwarzanie klasyczne

Sieć przemysłowa stanowi kanał komunikacyjny pomiędzy węzłami realizującymi autonomiczne, zdefiniowane przez ich producenta funkcje pomiarowe, kontrolne lub pomiarowo-kontrolne. Węzły są urządzeniami inteligentnymi z cyfrowym, szeregowym wyjściem komunikacyjnym. Posiadają one zdolność do przetwarzania danych i wykorzystywania lub udostępniania innym węzłom wyników przetworzenia. Z punktu widzenia użytkownika istotne są aplikacje informatyczne wykorzystujące informację otrzymywaną kanałem komunikacyjnym z poszczególnych węzłów (rys. 1). Klasycznym przykładem takich aplikacji są systemy wizualizacji, systemy diagnostyczne lub systemy eksperckie. W hierarchicznym, piramidalnym modelu informatycznym przedsiębiorstwa [10] aplikacje te realizowane są na poziomach wyższych, najczęściej z wykorzystaniem stacji klasy IBM-PC.



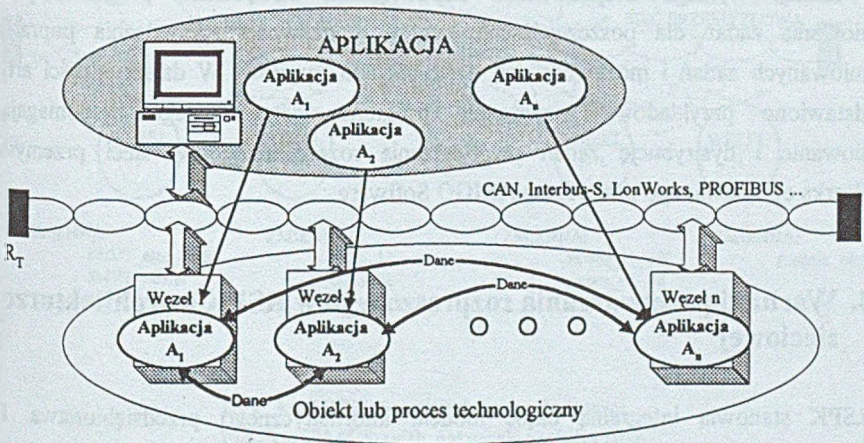
Rys. 1. Przetwarzanie klasyczne w sieci przemysłowej
Fig. 1. Classical processing in industrial network

Węzły sieci przemysłowej pracujące na najniższych poziomach struktury hierarchicznej biorą jedynie udział w dostarczaniu informacji pomiarowej i odbieraniu informacji kontrolnej.

Wykorzystywanie do budowy węzłów coraz bardziej zaawansowanych technologii elektronicznych i informatycznych stwarza warunki do decentralizacji bardziej zaawansowanego przetwarzania na najniższy poziom.

3. Przetwarzanie rozproszone

Wprowadzenie inteligentnych węzłów oraz powszechne stosowanie komunikacji cyfrowej i protokołów komunikacyjnych realizujących model ISO-OSI do poziomu warstwy aplikacji umożliwiło realizowanie przetwarzania rozproszonego na poziomie węzłów sieci przemysłowej. Zadania realizowane dotychczas centralnie przez aplikacje w stacjach nadrzędnych zostają przeniesione do inteligentnych węzłów sieci przemysłowej. Zatem w węzle sieci przemysłowej, poza aplikacją tworzoną przez producenta urządzenia związaną z realizowanymi funkcjami pomiarowymi lub kontrolnymi (np. pomiar napięcia, mocy, temperatury itp.), umieszczona zostaje aplikacja przetwarzania rozproszonego. Aplikację tę przygotowuje użytkownik urządzenia i w fazie konfigurowania sieci przemysłowej przesyła ją do węzłów podłączonych do sieci.



Rys. 2. Przetwarzanie rozproszone w sieci przemysłowej

Fig. 2. Distributed processing in industrial network

W szczególnych przypadkach może prowadzić to do sytuacji, kiedy warstwa wyższa nie jest niezbędna do realizacji aplikacji użytkownika. Jeżeli warstwy wyższe występują, to decentralizacja przetwarzania powoduje ich odciążenie, zmniejszając również obciążenie komunikacyjne sieci przemysłowej. Aplikacje rozproszone pracujące w poszczególnych

węzłach wykorzystują informacje pomiarowo-kontrolne z węzłów lokalnych oraz z innych węzłów pracujących w sieci przemysłowej. Na ich podstawie podejmowane są decyzje związane z węzłem lokalnym, a ponadto wynik przetworzenia aplikacji A , pracującej w węzle w , może być udostępniany innym węzłom.

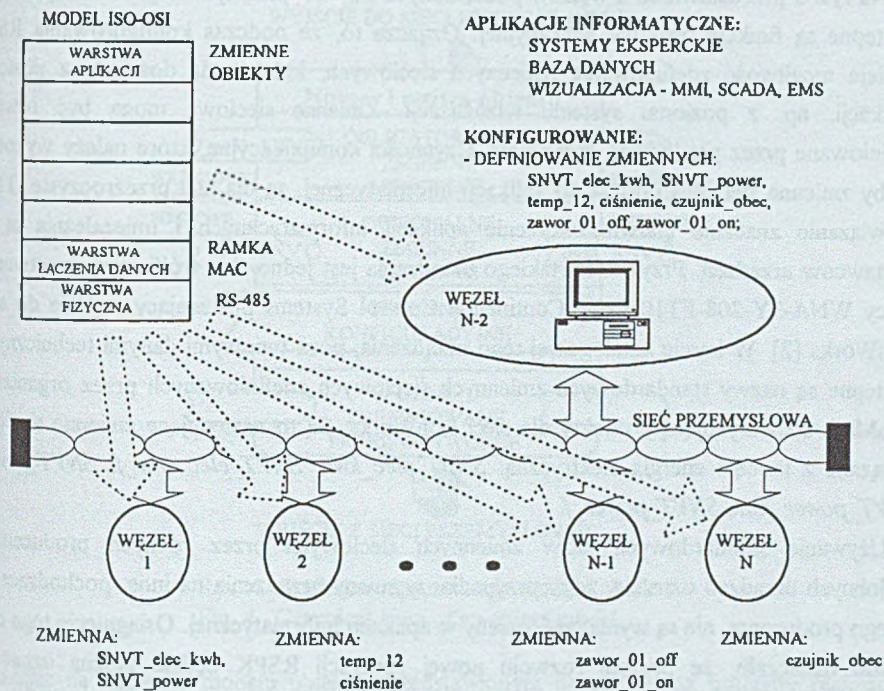
Realizacja bardziej zaawansowanych funkcji na najniższym poziomie z wykorzystaniem mocy obliczeniowej poszczególnych węzłów, bez potrzeby angażowania mocy obliczeniowych dostępnych na wyższych poziomach, wymaga zastosowania technik przetwarzania rozproszonego oraz określenie wpływu przetwarzania rozproszonego na obciążenie sieci przemysłowej. W tym celu opracowano model komunikacyjny sieci przemysłowej [12], na podstawie którego można oszacować wymaganą przepustowość komunikacyjną projektowanej sieci przemysłowej. Węzły sieci przemysłowej biorące udział w realizacji przetwarzania rozproszonego muszą być zdolne do wymiany danych pomiędzy sobą, bez udziału urządzeń pracujących na poziomach wyższych, co praktycznie ogranicza stosowanie przetwarzania rozproszonego do RSPK z protokołami *peer-to-peer*.

Niezwykle istotnym zagadnieniem jest sposób definiowania zadania i jego dystrybucja do określonych węzłów sieci przemysłowej instalowanej na danym obiekcie lub procesie technologicznym. Zadania te najczęściej realizowane są przez użytkowników, zatem realizacja tych funkcji wymaga dysponowania odpowiednimi narzędziami programowymi do definiowania zadań dla poszczególnych węzłów, możliwości sprawdzenia poprawności zdefiniowanych zadań i możliwości ich dystrybucji do węzłów. W dalszej części artykułu przedstawiono przykładowe rozwiązanie programu narzędziowego wspomagającego definiowanie i dystrybucję zadań przetwarzania rozproszonego w sieci przemysłowej LonWorks opracowanego przez firmę ARIGO Software.

4. Warunki przetwarzania rozproszonego w RSPK o architekturze sieciowej

RSPK stanowią integralną część modelu informatycznego przedsiębiorstwa. Dane kontrolno-pomiarowe z RSPK oraz informacja będąca wynikiem ich przetworzenia stanowią podstawowe źródło informacji dla aplikacji informatycznych pracujących na wyższych poziomach modelu informatycznego. Komunikacyjną infrastrukturę sprzętowo-programową pomiędzy RSPK a aplikacjami informatycznymi wyższych poziomów stanowią sieci przemysłowe i sieci komputerowe. Stopień rozbudowy i złożoności modelu systemu informatycznego zależy od rodzaju obiektu lub procesu technologicznego oraz od jego nasycenia nowoczesnymi rozwiązaniami w zakresie aplikacji informatycznych oraz od sposobu

rozwiązania części pomiarowo-kontrolnej. Obserwowana w ostatnim okresie duża dynamika wzrostu produkcji inteligentnych urządzeń pomiarowo-kontrolnych, unormowania międzynarodowe dotyczące protokołów komunikacyjnych sieci przemysłowych (IEEE 1451 i EN 50170) [4] oraz prace Grup Użytkowników [5,9] najpopularniejszych standardów sieci przemysłowych ogniskują się na opracowaniu tzw. standardów otwartych, które umożliwią tworzenie aplikacji informatycznych (narzędzia do programowania, systemy wizualizacji, oprogramowanie do konfiguracji itp.) zintegrowanych z RSPK w sposób niezależny od wybranego standardu komunikacyjnego.



Rys. 3. RSPK o architekturze sieciowej

Fig. 3. DMCS with network architecture

Rozpatrywane w artykule RSPK o architekturze sieciowej zbudowane są z autonomicznych, inteligentnych węzłów podłączonych do sieci przemysłowej umożliwiającej komunikację pomiędzy nimi. Zakłada się, że węzły realizują zadania kontrolno-pomiarowe, posiadają zdolność do przetwarzania informacji i mają zdefiniowane, standardowe łącze komunikacyjne realizujące siedmiopozomowy model odniesienia ISO (rys. 3). Spośród 7 warstw modelu odniesienia w sposób jawny powinny być dostępne funkcje realizowane na poziomie warstwy fizycznej i łączenia danych oraz na poziomie warstwy aplikacyjnej.

Warunkiem realizacji efektywnego przetwarzania rozproszonego jest implementacja w węzłach sieci przemysłowej elementów technologii zmiennych sieciowych, obiektowej i klient – serwer w warstwie aplikacyjnej. Obecność tej warstwy w inteligentnym węźle i dostępne w nim funkcje decydują o możliwościach węzła i RSPK oraz wpływają na sposób i złożoność konfigurowania i opracowywania aplikacji przetwarzania rozproszonego pracującej na poziomie sieci przemysłowej oraz aplikacji informatycznych pracujących na wyższych poziomach modelu informatycznego przedsiębiorstwa.

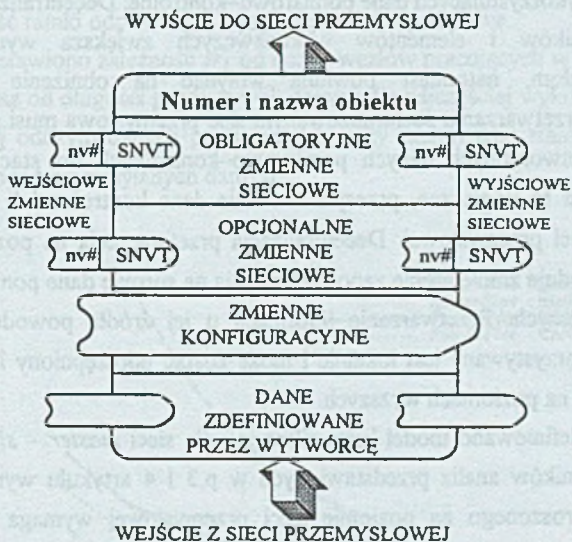
Na rys. 3 przedstawiono n węzłów podłączonych do sieci przemysłowej. W każdym węźle dostępne są funkcje warstwy aplikacyjnej. Oznacza to, że podczas konfigurowania RSPK istnieje możliwość zdefiniowania zmiennych sieciowych, które będą dostępne z poziomu aplikacji, np. z poziomu systemu wizualizacji. Zmienne sieciowe mogą być również definiowane przez producenta urządzenia. Czynności komunikacyjne, które należy wykonać, ażeby zmienna sieciowa dotarła do aplikacji informatycznej, są dla niej przezroczyste. Takie rozwiązanie znacznie ułatwia tworzenie aplikacji informatycznych i uniezależnia ją od dostawców urządzeń. Przykładem takiego urządzenia jest jedno- lub trójfazowy przetwornik mocy WNA-3Y-208-FT10 firmy Continental Control Systems posiadający wyjście do sieci LonWorks [2]. W karcie katalogowej tego urządzenia, poza typowymi danymi technicznymi, dostępne są nazwy standardowych zmiennych sieciowych zdefiniowanych przez organizację LonMark standaryzującą produkty dla sieci LonWorks. Są to następujące zmienne sieciowe związane z mocą i energią elektryczną: *SNVT_elec_kwh*, *SNVT_elec_whr_f*, *SNVT_power*, *SNVT_power_kilo*, *SNVT_power_f*.

Używanie standardowych nazw zmiennych sieciowych przez różnych producentów podobnych urządzeń oznacza, że w przypadku wymiany urządzenia na inne, pochodzące od innego producenta, nie są wymagane zmiany w aplikacji informatycznej. Osiągnięcie tego celu będzie oznaczało, że poziom rozwoju nowej generacji RSPK będzie można uznać za zadowalający i akceptowalny przez użytkowników i projektantów RSPK. W tak zdefiniowanej architekturze istnieje możliwość realizacji przetwarzania rozproszonego, w którym biorą udział węzły systemu pomiarowo-kontrolnego, realizujące inne zadania poza tymi, które wynikają z lokalnych zadań węzła.

5. Modele obiektów dla węzłów RSPK

W RSPK istotną rolę odgrywają węzły sieci przemysłowej. Z punktu widzenia przetwarzania rozproszonego, w którym biorą udział poszczególne węzły, istotne jest, ażeby dla węzłów zdefiniowane były standardowe modele obiektów dostępne w jego warstwie

aplikacyjnej. Na rys. 4 przedstawiono graficzną reprezentację ogólnego modelu obiektu zdefiniowanego przez organizację LonMark zrzeszającą użytkowników standardu sieci przemysłowej LonWorks [4]. W modelu tym zdefiniowano standardowe zmienne sieciowe wejściowe i wyjściowe (nv# SNVT). Dla danej klasy obiektów część zmiennych standardowych jest obligatoryjna, natomiast niektóre z nich są opcjonalne i zależą od rodzaju aplikacji. Klasa obiektów używana w danym węzle jest definiowana przez jego wytwórcę lub przez użytkownika podczas konfigurowania węzła.



Rys. 4. Graficzna reprezentacja modelu obiektu

Fig. 4. Graphical view of an object model

Bazując na ogólnym modelu obiektu przedstawionym na rys. 4, na potrzeby realizacji przetwarzania rozproszonego można zdefiniować dedykowaną klasę obiektów, upraszczając w ten sposób i standaryzując zarówno zasady budowy inteligentnych węzłów sieci przemysłowej, jak i aplikacji rozproszonych. Dostępne są zdefiniowane standardowe zmienne sieciowe i obiekty dla popularnych standardów sieci przemysłowych, takich jak: CAN, WorldFIP, InterBus-S, Profibus, LonWorks. Zdefiniowane zmienne i obiekty mogą być dystrybuowane i uaktywniane w węzłach sieci przemysłowej podczas jej konfigurowania. Przykładem standardowego modelu obiektu może być model *reguła*, przy użyciu którego użytkownik może przygotować aplikację pracującą na poziomie sieci przemysłowej (rys. 6).

6. Wpływ przetwarzania rozproszonego na obciążenie sieci przemysłowej

Podczas projektowania rozproszonych systemów pomiarowo-kontrolnych o architekturze sieciowej jednym z ważnych elementów wymagających określenia jest wybór standardu komunikacyjnego i oszacowanie minimalnej szybkości transmisji gwarantującej poprawne funkcjonowanie nadzorowanego obiektu lub procesu technologicznego oraz aplikacji informatycznych wykorzystujących dane pomiarowo-kontrolne. Decentralizacja przetwarzania na poziom czujników i elementów wykonawczych zwiększa wymagania stawiane inteligentnym węzłom, natomiast powinna wpłynąć na obniżenie obciążenia sieci przemysłowej. W przetwarzaniu scentralizowanym sieć przemysłowa musi przetransportować duże ilości nieprzetworzonych danych pomiarowo-kontrolnych do stacji nadrzędnych, a następnie, jeżeli jest to konieczne, przesyła zwrótnie dane kontrolne lub parametryczne na poziom węzłów sieci przemysłowej. Decentralizacja przetwarzania na poziom węzłów sieci przemysłowej powoduje zmniejszenie zapotrzebowania na surowe dane pomiarowo-kontrolne na poziomach wyższych. Przetwarzanie informacji u jej źródła powoduje, że wynik jej przetworzenia wykorzystywany jest lokalnie i może zostać udostępniony innym węzłom lub stacjom pracującym na poziomach wyższych.

W pracy [12] zdefiniowano model komunikacyjny dla sieci *master - slave* oraz dla sieci *peer-to-peer*. Z wyników analiz przedstawionych w p.3 i 4 artykułu wynika, że realizacja przetwarzania rozproszonego na poziomie sieci przemysłowej wymaga wymiany danych pomiędzy węzłami, co w znacznym stopniu ogranicza stosowanie protokołów *master - slave*. Spełnienie tego postulatu w sieciach *master - slave* i utrzymanie współczynnika obciążenia sieci przemysłowej k_{obc} na -zadanim poziomie oznaczałoby wzrost zapotrzebowania na przepustowość komunikacyjną. Współczynnik obciążenia k_{obc} sieci przemysłowej o n węzłach i szybkości transmisji V_{tr} jest określony zależnością (1) [12].

$$k_{obc} = \frac{k_{bezp}}{V_{tr}} \cdot \sum_{i=1}^n W_i \quad (1)$$

gdzie:

k_{bezp} - współczynnik bezpieczeństwa ($k_{bezp} = 1-5$),

W_i - liczba bitów niezbędna do wykonania cyklu komunikacyjnego z i -tym węzłem.

Szybkość transmisji V_{tr} powinna być tak dobrana, ażeby współczynnik obciążenia sieci przemysłowej k_{obc} nie był większy od 1. Dla sieci przemysłowych, wykorzystujących klasyczną metodę *master - slave* dostępu do nośnika, W_i oblicza się z poniższej zależności:

$$W_i = L(t_{qm} + F_m + t_{mp} + F_{mp}) \quad [\text{bity}] \quad (2)$$

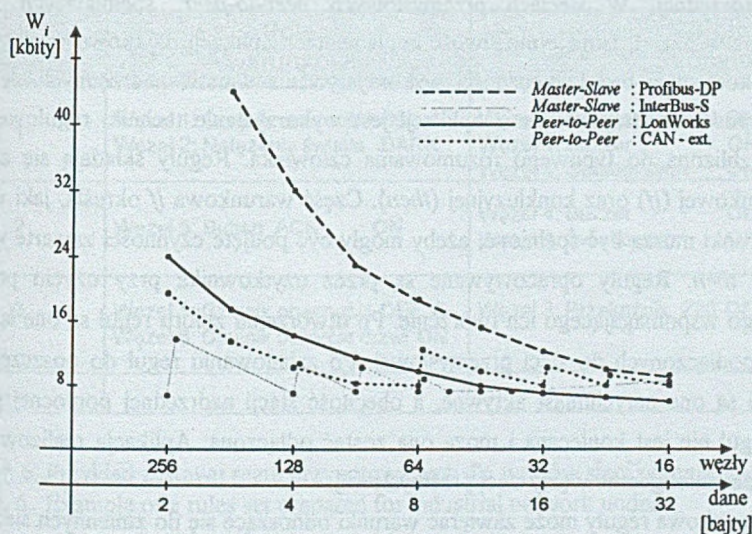
Natomiast dla sieci przemysłowej, wykorzystującej metodę *peer - to - peer* dostępu do nośnika, W_i oblicza się z zależności:

$$W_i = L_i(t_{om} + F_{odp}) \quad [\text{bity}] \quad (3)$$

gdzie:

- L_i – liczba zwrotów do i -tego węzła podczas jednego cyklu technologicznego,
- t_{syn} – czas synchronizacji występujący pomiędzy kolejnymi cyklami komunikacyjnymi,
- F_{ini} – długość ramki inicjującej cykl komunikacyjny wysyłanej przez węzeł *Master*,
- F_{odp} – długość ramki odpowiedzi, wysyłanej przez węzeł *Slave*.

Na rys. 5 przedstawiono zależność W_i od liczby węzłów pracujących w wybranych sieciach przemysłowych oraz od długości przesyłanych danych dla najczęściej wykonywanej operacji w sieci przemysłowej odczytu danych pomiarowych, przy zachowaniu stałej wartości iloczynu liczby węzłów i długości przesyłanych danych.



Rys. 5. Zapotrzebowanie na przepustowość komunikacyjną
Fig. 5. Communication performance requirements

Na rys. 5 przedstawione zostały charakterystyki dla przetwarzania klasycznego. W przypadku przetwarzania rozproszonego wartość W_i wyrażona zależnością (2) i (3) dla sieci typu *master - slave* rośnie, natomiast dla sieci typu *peer-to-peer* w najgorszym przypadku jest taka sama, a więc dysproporcje pomiędzy analizowanymi sieciami, widoczne na charakterystykach przedstawionych na rys.5, powiększyłyby się. Spośród sieci typu *master - slave* jedynie sieć przemysłowa InterBus-S pracująca w topologii pierścieniowej jest konkurencyjna w stosunku do sieci *peer - to - peer* (LonWorks, CAN), ale zbyt krótkie pole danych (2 bajty) oraz stała szybkość transmisji (500 kbit/sek) stanowią poważne ograniczenia

w wykorzystaniu tej sieci do realizacji przetwarzania rozproszonego. Bardziej wnikliwa dyskusja wpływu przetwarzania rozproszonego na przepustowość komunikacyjną sieci przeprowadzona jest w pracy [12].

7. Przetwarzanie regułowe

Węzły instalowane w sieciach przemysłowych posiadają zdefiniowane przez producenta funkcje i parametry techniczne. W zależności od miejsca zainstalowania węzła różne jest zapotrzebowanie na sposób wykorzystania danych wytwarzanych lokalnie lub przez inne węzły pracujące w sieci przemysłowej. Zależy to od rodzaju realizowanej aplikacji przez użytkownika. W rozwiązaniach klasycznych aplikacje użytkownika były realizowane w warstwie nadrzędnej. W sieciach przemysłowych *peer-to-peer*, spełniających warunki przedstawione w pkt. 4, istnieje możliwość implementacji aplikacji użytkownika w warstwie pomiarowo-kontrolnej bez konieczności wykorzystywania warstw nadrzędnych. Jednym z prostszych sposobów przygotowania aplikacji jest wykorzystanie techniki regułowej, która jest bardzo zbliżona do typowego rozumowania człowieka. Reguły składają się z dwóch części, warunkowej (*if*) oraz konkluzyjnej (*then*). Część warunkowa *if* określa, jaki warunek lub jakie warunki muszą być spełnione, ażeby mogły być podjęte czynności zawarte w części konkluzyjnej *then*. Reguły opracowywane są przez użytkownika przy użyciu programu narzędziowego wspomagającego ich tworzenie. Po utworzeniu zbioru reguł są one ładowane do węzłów podłączonych do sieci przemysłowej. Po załadowaniu reguł do poszczególnych węzłów sieci są one natychmiast aktywne, a obecność stacji nadrzędnej pomocnej podczas tworzenia reguł nie jest konieczna i może ona zostać odłączona. Aplikacja realizowana jest wyłącznie przez inteligentne węzły sieci przemysłowej.

Część warunkowa reguły może zawierać warunki odnoszące się do zmiennych sieciowych lokalnych, dostępnych w danym węźle oraz do zmiennych sieciowych, które znajdują się w innych węzłach. Część warunkowa reguły może się odnosić jedynie do zmiennej pomiarowej lub wejściowej zmiennej binarnej. Programy narzędziowe wspomagające tworzenie reguł powinny kontrolować poprawność semantyczną tworzonych reguł. W podobny sposób funkcjonuje część konkluzyjna, tzn. że konkluzje mogą się odnosić do elementów wykonawczych zainstalowanych lokalnie lub w innych węzłach sieci przemysłowej. Na rys. 6 przedstawiono przykładowy zestaw reguł stanowiący fragment aplikacji pracującej w sieci przemysłowej LonWorks zainstalowanej w inteligentnym budynku. Podczas tworzenia aplikacji edytory reguł kontrolują poprawność umieszczania odpowiednich zmiennych sieciowych w polu warunków oraz w polu konkluzji.

Handlowo dostępnym przykładem programu narzędziowego do tworzenia prostych aplikacji typu regulowego w sieci LonWorks jest program ARIGO wraz z zestawem inteligentnych węzłów. Pozwala on, w środowisku Windows z wykorzystaniem technik „Plug & Play” oraz „Drag & Drop”, na przygotowanie zbioru reguł, który po sprawdzeniu poprawności semantycznej jest ładowany do węzłów sieci przemysłowej. Dla użytkownika przygotowującego aplikację bardzo przydatna jest obecność techniki „Plug & Play”. Umożliwia ona somokonfigurowanie się węzłów oraz pozwala na szybkie przygotowanie aplikacji regulowej.

Reguły załadowane do węzłów są aktywne przez cały czas i w zależności od aktualnej wartości zmiennych sieciowych zdefiniowanych w polu warunkowym reguły, sterują one polem konkluzji. Przetwarzanie reguł w różnych węzłach nie jest synchronizowane.

Nr reguły	IF Pole warunków	THEN	Pole konkluzji
1	Węzeł 1: Czujnik obecności ON & Węzeł 2: Natężenie światła DARK	Węzeł 3: Przekaznik_220 ON Węzeł 4: Buzzer ON Węzeł 4: Światło sygn ON	
2	Węzeł 5: Button_ACK ON	Węzeł 4: Buzzer OFF Węzeł 4: Światło_sygn OFF	
3	Węzeł 1: Czujnik obecności OFF & Węzeł 6: Czujnik otwarcia drzwi ON	Węzeł 3: Przekaznik_220 OFF	
...

Rys. 6. Przykład zestawu reguł przygotowanych dla węzłów sieci przemysłowej

Fig. 6. Example of a rules set prepared for industrial network nodes

Innym, bardziej zaawansowanym sposobem przetwarzania rozproszonego, możliwym do realizacji w sieciach przemysłowych z wykorzystaniem techniki regulowej, jest przetwarzanie synchronizowane, w którym reguły znajdujące się w węzłach sieci przemysłowej tworzą rozprzeczoną bazę wiedzy. Do każdego z węzłów sieci przemysłowej może zostać załadowany różny zbiór reguł, który stanowi fragment bazy wiedzy obiektu lub procesu technologicznego. Ze względu na większą efektywność działania mechanizmu wnioskowania *do tyłu* forma zapisu reguł powinna mieć postać odwrotną do przedstawionej poprzednio, tzn. reguła powinna się rozpoczynać od jej części konkluzyjnej, a kończyć częścią warunkową np.:

$$a = w_normie \text{ if } war_1 \& \text{ war}_2 \& \dots \text{ war}_n.$$

Przygotowywanie reguł oraz ich dystrybucja odbywają się podobnie jak w przypadku poprzednio opisanym, natomiast w inny sposób realizowane jest przetwarzanie reguł. Po załadowaniu reguł do poszczególnych węzłów nie są one aktywne. Ich przetwarzanie jest synchronizowane wystąpieniem hipotezy $a = x ?$ stawianej przez oprogramowanie użytkownika stacji nadrzędnej, przez użytkownika lub przez jeden z węzłów sieci przemysłowej. W przetwarzaniu biorą udział jedynie te reguły, których część konkluzyjna jest zgodna z postawioną hipotezą. W poprawnie skonstruowanej rozproszonej bazie wiedzy postawiona hipoteza powinna zostać potwierdzona co najwyżej przez jedną regułę. Tego typu przetwarzanie rozproszone można wykorzystać do realizacji bardziej zaawansowanych aplikacji, np.: wspomaganie prowadzenia obiektu lub procesu technologicznego, diagnostyka stanu obiektu lub jego podzespołów itp. [10]. W rozwiązaniach klasycznych tego typu aplikacje były realizowane na stacjach roboczych pracujących w warstwach wyższych hierarchicznej struktury informatycznej przedsiębiorstwa. Po spełnieniu warunków odnoszących się do węzłów i architektury sieci przemysłowej, zdefiniowanych w punkcie 4, część tych zadań można delegować na poziom sieci przemysłowej. Zagadnienia przetwarzania rozproszonego i interpretacji danych pomiarowo-kontrolnych w sieciach przemysłowych są przedmiotem wielu zaawansowanych prac badawczych [1].

8. Podsumowanie

RSPK o architekturze sieciowej (*peer – to – peer*) zbudowane z inteligentnych węzłów, w których zrealizowano siedmiopozomowy model odniesienia ISO/OSI, są podstawą do osiągnięcia wysokiego poziomu interoperacyjności i do realizacji przetwarzania rozproszonego w RSPK. Pomimo znacznego zaawansowania prac badawczych realizacja przetwarzania rozproszonego w heterogenicznym środowisku sieci przemysłowych wymaga jeszcze wielu prac standaryzacyjnych na poziomie sprzętowym i programowym. Praktyczne wykorzystanie przedstawionych w artykule przykładowych rozwiązań wymaga przeprowadzenia wielu analiz związanych z integralnością danych, synchronizacją przetwarzania, określeniem wpływu przetwarzania rozproszonego na przepustowość komunikacyjną sieci przemysłowej itp. Rozwiązanie tych zagadnień jest konieczne ze względu na wymaganą wysoką niezawodność działania przemysłowych RSPK.

Do podstawowych korzyści i wymagań warunkujących wdrożenie przetwarzania rozproszonego w środowisku sieci przemysłowych należy zaliczyć:

- podniesienie niezawodności pracy sieci przemysłowej poprzez rozproszenie zadań realizowanych centralnie,

- odciążenie węzła centralnego, który może okazać się zbędny podczas pracy sieci przemysłowej,
- potrzebę dysponowania oprogramowaniem konfiguracyjnym i edytorem aplikacji rozproszonej,
- potrzebę implementacji warstwy aplikacyjnej w węzle sieci przemysłowej,
- wzrost zapotrzebowania na moc obliczeniową procesora pracującego w węzle,
- skrócenie czasu reakcji na zdarzenia w obiekcie,
- zmniejszenie wymagań na przepustowość komunikacyjną sieci przemysłowej,
- dostępność urządzeń zdolnych do obsługi takiego sposobu przetwarzania.

LITERATURA

1. Automation Research Corporation. WorldWide Device Network Outlook Study. USA, 1996.
2. Continental Control Systems: WattNode for LonWorks. Boulder, USA, 1997.
3. Eccles L. H.: A Smart Sensor Bus for Data Acquisition. Sensors Magazine, March 1998.
4. IEEE. Standards Projects 1451.x. New York, USA, 1996.
5. InterBus-S Club: Open Control Interface. Karlsruhe, Germany, 1997.
6. Johnson R. N.: Building Plug and Play Networked Smart Transducers. Sensors Magazine, October 1997.
7. Kroeger R.: A basis for distributed real-time control application. ICC '94, pp. 12-2 – 12-12.
8. Lange F., Kroeger R., Gergeleit M.: Design and Implementation of a Distributed Measurement System. IEEE Transactions on Parallel and Distributed Systems. Vol. 3, 6/1992, pp. 657-671.
9. LonMark Application Layer Interoperability Guidelines v. 3.0, 1996.
10. Michta E.: Rozproszone systemy pomiarowo-kontrolne nowej generacji. Pomiar Automatyka Kontrola PAK 9/98, pp.344-347.
11. Michta E.: Diagnostyka obiektów w systemach o rozproszonej inteligencji. III Krajowa Konferencja Naukowo-Techniczna „Diagnostyka Procesów Przemysłowych” Jurata, wrzesień, 1998, pp. 169-172.
12. Michta E.: Rozproszone systemy pomiarowo-kontrolne. Standardy komunikacyjne i zasady projektowania. Monografia PZ, 1999 (w przygotowaniu).

Recenzent: Dr inż. Wojciech Mielczarek

Wpłynęło do Redakcji 12 kwietnia 1999 r.

Abstract

In the paper, conditions of distributed processing in distributed measurement and control systems (DMCS) based on networks architecture are presented. On the fig.1 the DMCS with nodes implementing 7-layers ISO-OSI model is presented. Two bottom layers (physical and data link) and the highest one (application) are necessary to implement distributed processing on industrial networks. It is requested to use standards networks variables and standard class of objects. On the fig. 2 general view of standard object defined by LonMark to use in LonWorks networks is presented. On the fig. 3 and fig. 4 classical and distributed model of processing measurement and control data are presented. Results of analysis of distributed processing influence on industrial network load are shown. Performance analysis presented in the paper shows that networks using *peer-to-peer* communication models are suitable to implement distributed processing on industrial network layer. At the end use of the rules method to build distributed processing application by users is outlined.