

Akwizycja danych z sieci PROFINET CBA do systemów klasy MES

Rafał CUPEK
Politechnika Śląska, Instytut Informatyki
rcupek@polsl.pl

Streszczenie

Niniejsza praca dotyczy zagadnień związanych z wymianą informacji pomiędzy przemysłowymi systemami sterowania i systemami klasy MES (Manufacturing Execution System). W pracy zaprezentowano miejsce systemów MES w klasycznym, hierarchicznym modelu stosowanym do opisu przemysłowej struktury informatycznej. Przedstawione zostały problemy związane z wymianą informacji pomiędzy systemami sterowania i systemami zarządzania. Autor zaproponował także własne rozwiązanie problemu akwizycji danych, oparte o wykorzystanie sond pomiarowych dedykowane dla sieci PROFINET CBA.

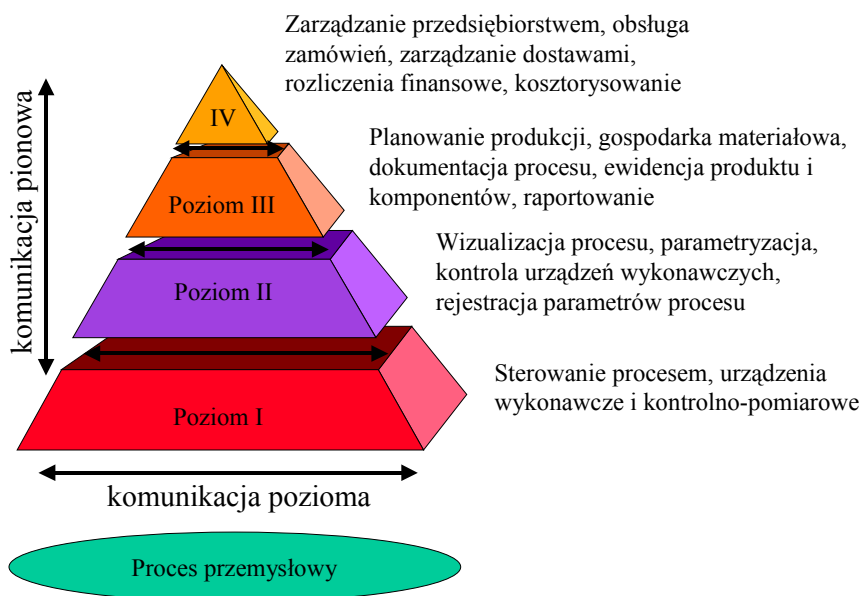
1. System MES w hierarchicznej strukturze informatyki przemysłowej

Prezentowany w postaci piramidy (rys.1), hierarchiczny opis przemysłowego systemu informatycznego, stanowi próbę usystematyzowania tej wysoce heterogenicznej architektury, składającej się z elementów realizujących odmienne funkcje, wykorzystującej odmienny sprzęt i mechanizmy komunikacyjne. Dodatkowym utrudnieniem jest konieczność wymiany informacji pomiędzy pracującymi z uwarunkowaniami czasu rzeczywistego systemami sterowania a niezdeterminowanymi w czasie, tworzonymi pod kątem maksymalizacji średniej wydajności systemami zarządzania [3].

Opis hierarchiczny zakłada rozbicie funkcjonalne pomiędzy cztery poziomy. Poziom I obejmuje systemy sterowania i kontroli reprezentowane zarówno przez lokalne i sublokalne układy automatyki, jak również przez rozległe terytorialnie, obsługujące dużą liczbę zmiennych procesowych, rozproszone systemy czasu rzeczywistego, realizujące obsługę algorytmów sterowania na poziomie poszczególnych technologii składających się na proces produkcyjny przedsiębiorstwa.

Poziom II obejmuje systemy klasy HMI (Human Machine Interface), stanowiące pomost pomiędzy systemami sterowania a obsługującym je personelem technicznym przedsiębiorstwa. Listę stosowanych tu rozwiązań otwierają umieszczone w bezpośrednim sąsiedztwie obiektu niewielkie układy wizualizacji lokalnej, a kończą złożone stacje kontrolno – nadzorcze, umieszczane w centrach dyspozytorskich. Rozwiązania stosowane na poziomie II umożliwiają dostęp do informacji opisujących pracę urządzeń umieszczonych na poziomie I. Pozwalają one także na parametryzację tych urządzeń i ręczne sterowanie układami wykonawczymi. Oferowane mechanizmy dostępu są dostosowane zarówno do zakresu potrzeb, jak i do poziomu uprawnień wykorzystującej system HMI klasy użytkowników.

Poziom IV stanowi oprogramowanie klasy ERP (Enterprise Resource Planning). Oprogramowanie stosowane na tym poziomie wspomaga biznesową obsługę procesu produkcji. Systemy te ułatwiają organizację produkcji jak i działań pomocniczych począwszy od etapu przyjęcia zamówienia, poprzez przygotowanie, zabezpieczenie i śledzenie produkcji, aż po etap dostawy produktu finalnego do odbiorcy.



Rys 1. Hierarchiczny model przemysłowego systemu informatycznego

Powyższa lista wskazuje, że w skali przedsiębiorstwa mamy do czynienia z siecią powiązanych ze sobą, heterogenicznych systemów i mikrosystemów informatycznych, a prezentowana w literaturze piramida służy wyłącznie do uporządkowania tego dosyć chaotycznego obrazu, przedstawiając go w postaci klarownej prezentacji funkcjonalnej. Przy takiej interpretacji można zgodzić się z umieszczeniem w warstwie III systemów klasy MES (Manufacturing Executing Systems). Pamiętać należy jednak, że poszczególne funkcje realizowane przez systemy MES będą z jednej strony blisko

związane z realizowanymi w czasie rzeczywistym operacjami sterowania, z drugiej strony wymagać one będą operowania na znacznej liczbie zmiennych procesowych i obejmować rozległy horyzont czasowy wymagany przez systemy zarządzania.

Systemy klasy MES stanowią odpowiedź na rosnące wymagania, związane z szybkim i precyzyjnym dostępem do informacji opisującej procesy produkcyjne. Wymagania te stawiane są przez oprogramowanie klasy ERP, a źródło informacji stanowią systemy sterowania i kontroli, leżące w warstwie I oraz systemy wizualizacji warstwy II. Systemy ERP mają charakter globalny i obejmują całe przedsiębiorstwo, bądź korporację przedsiębiorstw. Współpracujące z ERP systemy MES muszą zapewnić taki interfejs pomiędzy systemem sterowania i systemem zarządzania, który pozwoli na analizę różnego typu informacji, na różnym poziomie abstrakcji. Łączące poszczególne gałęzie przedsiębiorstwa systemy klasy MES umożliwiają zestawianie ze sobą danych o odmiennej charakterystyce. Suma dostarczanych informacji wykorzystywana jest do kompleksowej analizy wyników ekonomicznych na poziomie globalnego systemu zarządzania przedsiębiorstwem.

2. Pozioma i pionowa wymiana informacji w przemysłowym systemie informatycznym

Do podstawowych zadań stawianych przed systemami MES należy zapewnienie wymiany informacji pomiędzy leżącymi w warstwie I systemami sterowania i leżącymi w warstwie II systemami wizualizacji, a umiejscowionymi w warstwie IV systemami zarządzania klasy ERP. Z drugiej strony rozwiązania klasy MES wspomagają systemy sterowania w podejmowaniu decyzji, dotyczących krótkoterminowego planowania i realizacji zadań produkcyjnych wyznaczanych przez systemy zarządzania.

Stosowanie opisanego powyżej modelu hierarchicznego, dla opisu przemysłowych systemów informatycznych, prowadzi w sferze wymiany danych do wyróżnienia dwóch kierunków przepływu informacji: wymian poziomych, obejmujących węzły leżące na tym samym poziomie w hierarchii systemu i wymian pionowych służących przekazywaniu informacji pomiędzy poziomami (rys. 1) [1,3].

Komunikacja o charakterze poziomym pozwala na tworzenie rozproszonych systemów informatycznych realizujących daną klasę zadań, podczas gdy komunikacja pionowa umożliwia wymianę informacji pomiędzy systemami obsługującymi proces przemysłowy na różnych poziomach modelu hierarchicznego.

Analizując miejsce systemu MES, ze względu na przepływ informacji w określonym powyżej modelu wydaje się, że wymiana danych pomiędzy warstwą I i II a leżącymi w warstwie III systemami MES będzie miała charakter międzywarstwowej wymiany pionowej. I rzeczywiście większość współcześnie konstruowanych systemów informatycznych klasy MES odpowiada temu modelowi. System sterowania dostarcza danych do systemu wizualizacji, np. z wykorzystaniem sieci przemysłowej najniższego poziomu, system wizualizacji staje się źródłem informacji dla systemu MES np. wykorzystując powszechnie stosowany mechanizm OPC (Ole for Process Control). Stosowane w niektórych systemach bezpośrednie sprzężenie warstwy I i III zasadniczo nie wpływa na zmianę modelu opisującego obieg informacji.

Próbując personalizować zjawiska zachodzące na styku systemów sterowania i systemów klasy MES, można by porównać opisany powyżej model do sytuacji, w której osoba odpowiedzialna za realizację zadań produkcyjnych musi składać raporty ze swojej pracy osobie odpowiedzialnej za zarządzanie. System funkcjonuje prawidłowo dopóki operacje związane z raportowaniem, nie zaczynają w znaczący sposób utrudniać procesu produkcji. Z drugiej strony niepełne, niedokładne dane dostarczane ze sfery produkcji, uniemożliwiają właściwe planowanie pracy i śledzenie postępów realizacji zadań produkcyjnych.

Przytoczony w powyższym obrazie kompromis, przenosi się także na obieg informacji w przemysłowym systemie informatycznym. Systemy sterowania realizowane są w zdecydowanej większości, jako rozwiązania informatyczne pracujące z ograniczeniami czasu rzeczywistego. W systemach sterowania ważna jest nie tylko poprawna logicznie realizacja zdefiniowanych funkcji, ale również czas ich wykonania. Często prawidłowe funkcjonowanie tych systemów decyduje tak o bezpieczeństwie instalacji, jak i obsługującego ją personelu [7,8].

Odmienne wyglądają wymagania stawiane przed systemami zarządzania. Funkcje tych systemów oceniane są nie poprzez analizę deterministyczną czasu realizacji poszczególnych zadań, ale poprzez pryzmat ogólnej wydajności systemu, związany z obsługą poszczególnych operacji składających się na proces zarządzania przedsiębiorstwem. Systemy te muszą umożliwić zestawianie ze sobą danych produkcyjnych, często o odmiennej charakterystyce, których suma przekłada się na efekty finansowe w skali całego przedsiębiorstwa.

Idealnym rozwiązaniem byłoby zastąpienie procesu generowania raportów przez systemy sterowanie, poprzez automatyczne pozyskiwanie informacji przez system zarządzania. Informacje te mogłyby być uzyskiwane poprzez obserwację działań, podejmowanych w sferze produkcji. Należałoby zaproponować zamianę podejścia, z takiego, w którym informacja pozyskiwana jest przez systemy klasy MES na drodze ustalonego z góry scenariusza wymian pionowych, na takie, w którym informacje pozyskiwane będą bezpośrednio z wymian poziomych realizowanych między węzłami systemów sterowania. Model ten powinien zagwarantować brak lub minimalizację wpływu procesu wymiany danych z system MES, na realizowane zgodnie z reżimem czasu rzeczywistego funkcje komunikacyjne zespalaające rozproszoną warstwę sterowania.

3. Mechanizmy zapewnienia spójności informacji w systemach MES

Rozwiązania komunikacyjne stosowane w warstwie systemów sterowania cechują się determinizmem związanym z czasem dostarczenia informacji. Właściwości tej nie posiadają otwarte rozwiązania sieci zakładowych, które stanowią magistralę komunikacyjną wykorzystywaną w rozwiązaniach informatycznych II, III i IV warstwy. Ze względu na fakt, że wykorzystanie sieci otwartych uniemożliwia dostarczenie informacji w ściśle określonym czasie, wysiłki projektantów systemów przemysłowych zmierzają w kierunku zapewnienia spójności informacji, poprzez stosowanie stempla

czasowego oraz mechanizmów QoS (Quality of Service), umożliwiających kontrolę jakości dostarczanych danych.

Jako przykłady rozwiązań stosowanych do wymiany danych pomiędzy systemami sterowania i systemami nadrzędnymi, można wymienić: ze względu na otwartość rozwiązanie OPC (OLE for Process Control) rozwijane przez fundację OPC Foundation, czy też ze względu na zasięg stosowania w systemach warstwy II, rozwiązanie firmowe Wonderware: protokół SuiteLink.

Specyfikacja grupy protokołów komunikacyjnych określanych wspólnym mianem OPC bazuje na interfejsie DCOM. Powstała ona w odpowiedzi na zapotrzebowanie przemysłu, na uniwersalny mechanizm komunikacyjny, pozwalający na uniezależnienie protokołu wykorzystywanego do wymiany danych, od urządzenia stanowiącego źródło informacji. Ze względu na profil zastosowania powstało kilka specyfikacji OPC właściwych dla określonego kontekstu wymiany danych. I tak np. standard OPC DA (*Data Access*) wykorzystywany jest do udostępnienia danych opisujących bieżący stan procesu, standard OPC HDA (*Historical Data Access*) umożliwia dostęp do danych opisujących przebieg historyczny procesu, standard OPC A&E (*Alarms and Events*) wykorzystywany jest do dostarczania informacji o zachodzących w systemie zdarzeniach i alarmach zainteresowanym klientom. Opiera się on na mechanizmie subskrypcji pozwalającym na określenie przez klienta interesujących go zdarzeń i warunków ich generacji. Z kolei dla poziomej wymiany danych, czy też synchronizacji poszczególnych serwerów OPC, może być wykorzystany interfejs zgodny ze specyfikacją OPC DX (*Data Exchange*).

Opracowany przez Wonderware protokół komunikacyjny SuiteLink zawdzięcza swoją popularność oprogramowaniu InTouch, pozwalającemu na tworzenie stacji kontrolno nadzorczych klasy SCADA (Suprvisory Control And Data Acquisition). W miarę rozwijania przez Wonderware oferty oprogramowania systemów przemysłowych, protokół ten został zastosowany także na poziomie systemów MES. Stanowi on źródło informacji dla oferowanej przez Wonderware przemysłowej bazy danych InSQL, oraz jest podstawą nowej architektury: zorientowanego na wielopoziomą integrację przemysłowego systemu informatycznego - rozwiązania IAS (Industrial Application Server).

Oba wymienione powyżej przykłady muszą spełniać dwa podstawowe wymagania, stawiane przed tą klasą rozwiązań komunikacyjnych: muszą one zapewnić wiarygodność dostarczanej informacji, oraz umożliwić ocenę spójności powiązanych ze sobą danych. W tym zakresie oba rozwiązania bazują na podobnym pomysłe. Stosowany przez Wonderware w protokole SuiteLink mechanizm VTQ (Value, Time Quality) wiąże wartość zmiennej procesowej z czasem jej pozyskania, przy jednoczesnym określeniu jakości dostarczanych danych. Standard OPC bazuje na interfejsie DCOM, ale i tutaj analogiczna informacja może być uzyskana w czasie odczytu poszczególnych zmiennych procesowych (Item). Istnieje możliwość automatycznego nadawania wartości stempla czasowego przez serwer OPC, lub stemplowania danych przez moduł komunikacyjny. W drugim przypadku wykorzystywana jest funkcja WriteVQT uzyskująca niezbędne informacje o czasie produkcji zmiennej za pomocą struktury OPCITEMVQT.

Opisywane powyżej rozwiązania stosowane są zazwyczaj na poziomie stacji kontrolno-nadzorczej (protokół SuiteLink), lub na poziomie sterowników PLC (np. Serwer OPC). Celem niniejszej pracy jest analiza rozwiązań interfejsu komunikacyjnego pozwalającego na bezpośrednie pozyskiwanie informacji transmitowanych siecią przemysłową przez systemem klasy MES. Analiza ta będzie prowadzona na przykładzie standardu PROFINET CBA.

4. Proponowana architektura systemu akwizycji danych z sieci PROFINET CBA do systemu klasy MES

Problem wymiany informacji pomiędzy siecią PROFINET a systemami klasy MES stał się przedmiotem opracowania przedstawionego przez grupę roboczą: „PROFINET AND MES”[6]. Opracowanie to koncentruje się na współpracy z systemami MES Maintenance, na których przykładzie przedstawione są cztery modele architektoniczne, opisujące wymianę informacji pomiędzy systemami klasy MES a siecią PROFINET.

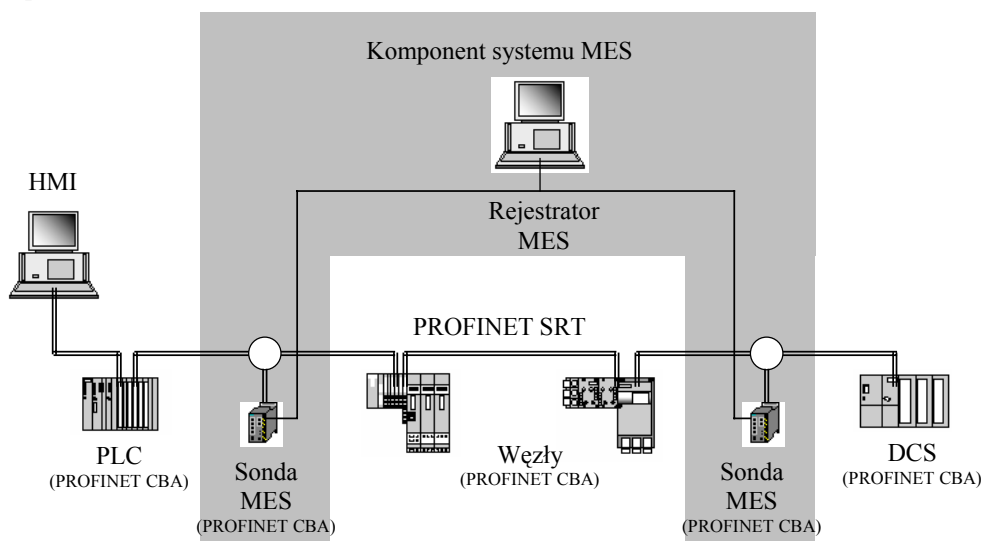
Każde z przedstawionych rozwiązań opiera się na opisanym w punkcie pierwszym, hierarchicznym ujęciu modelu przemysłowego systemu informatycznego. Zakładają one uczestnictwo warstwy II reprezentowanej przez stację kontrolno – nadzorczą klasy SCADA, w procesie wymiany informacji pomiędzy systemem sterowania a systemem MES. Zaletą zaproponowanego podejścia jest możliwość wykorzystania istniejących już w systemie mechanizmów komunikacyjnych oraz swoboda w doborze oprogramowania aplikacyjnego pozwalającego na łączenie różnego typu systemów informatycznych. Jednak szczegółowa analiza zaproponowanych architektur wskazuje, że pomijając prezentowane w pracy kwestie związane z bezpośrednim uzyskiwaniem informacji statusowych: maintenance, przedstawione rozwiązania nie wykorzystują w pełni możliwości komunikacyjnych wynikających z modelu wymiany informacji stosowanego w sieci PROFINET CBA.

Analizując cykl wymiany informacji dla każdego z przedstawionych modeli uzyskuje się złożenie trzech, niesynchronizowanych ze sobą, obiegów informacji. Pierwszy z nich stanowi wymiana danych w sieci polowej, drugi obejmuje cykl akwizycji informacji i współpracy z koprocesorami sieciowymi sterownika PLC, natomiast trzeci obieg, wiąże się z cyklem sieci łączącej układy sterowania i systemy HMI [3]. Prowadząc analizę, zgodnie z kryterium najgorszego przypadku, uwzględniającą rozdzielczość systemu akwizycji i spójność prezentowanych danych należało by rozważyć przypadek związany z maksymalnym okresem wymiany danych pomiędzy PLC i układami I/O, dodać do niego najdłuższy okres cyklu PLC oraz okres wymiany danych pomiędzy sterownikiem i stacją SCADA. Taka analiza przenosi nas co najmniej o trzy rzędy wielkości z poziomu ułamków milisekund możliwych do uzyskania na poziomie sieci polowej do poziomu setek milisekund. Zastosowanie opisanego rozwiązania sprawia, że niemożliwą staje się bezpośrednia analiza informacji wymienianych pomiędzy węzłami sieci. Dostęp do rzeczywistych informacji opisujących stan procesu zostaje zastąpiony, poprzez dostęp do ich obrazu zapisanego w pamięci sterownika PLC. W miejsce obserwacji obiektu, na poziomie sieci polowej prowadzi-

na jest obserwacja zawartości pamięci obsługujących proces urządzeń. Uzyskana w taki sposób migawka (cut) systemu nie daje gwarancji spójności informacji.

Najbardziej obiecujące jest rozwiązanie trzecie, w którym tylko część informacji przekazywana jest przez system SCADA, natomiast informacje krytyczne czasowo przekazywane są za pomocą dodatkowego kontrolera sieci PROFINET. Niestety także to rozwiązanie wprowadza, rozdzielony na trzy warstwy, obieg informacji i nie gwarantuje spójności uzyskiwanych danych.

W związku z opisywanymi powyżej wadami stosowanych dotychczas rozwiązań autor proponuje zastosowanie odmiennego podejścia architektonicznego do realizacji systemu akwizycji danych. Przedstawiona na rys.2 architektura, zakłada bezpośrednią współpracę pomiędzy poziomem sieci polowej PROFINET i systemem klasy MES, z pominięciem warstwy II – systemów klasy HMI.



Rys.2. Rozproszona architektura komponentu MES

Proponowane rozwiązanie zakłada wykorzystanie mechanizmów komunikacyjnych stosowanych w sieci PROFINET CBA do bezpośredniej akwizycji informacji transmitowanej za pomocą tej sieci. Autor zakłada, że zdecydowana większość informacji wykorzystywanych przez systemy MES, jest już dostępna w postaci zmiennych wymienianych pomiędzy komponentami automatyki współpracującymi poprzez sieć powiązań komponentów CBA.

Pierwszym nasuwającym się pomysłem jest wykorzystanie możliwych do realizacji w trybie SRT, wymian wykorzystujących tryb adresacji multicast, tak aby wymieniane pomiędzy komponentami automatyki informacje docierały także do systemu MES. Rozwiązanie takie pozwoliło by na zapewnienie spójności informacji (system MES otrzymywałby dane w tym samym czasie i o tej samej wartości jak pozostałe węzły), jak również zminimalizowałby liczbę dodatkowych wymian informacji.

Pomimo niewątpliwych zalet zastosowanie tego pozornie neutralnego mechanizmu ingeruje w realizowane na poziomie systemu sterowania funkcje komunikacyjne. Zmiana trybu komunikacji musiałaby zostać wprowadzona już na etapie przygotowania opisu sieci połączeń komunikacyjnych, w przeciwnym przypadku, każdorazowy restart sieci, lub jakkolwiek zmiana wymuszająca ponowne odczytanie z pamięci nieulotnej parametrów połączenia ACCO prowadziłaby do utraty danych kanału komunikacyjnego.

Modyfikacja struktury powiązań sieci PROFINET wymagałaby ponownej analizy parametrów komunikacyjnych protokołu PROFINET I/O (0x8892). Ze względu na fakt, że zastąpienie ramek adresowanych poprzez mac-adres urządzenia ramkami transmitowanymi w trybie grupowym zmieni warunki przepływu informacji poprzez tworzące sieć przełączniki, zmiana taka może spowodować, że część informacji nie będzie mogła być transmitowana równocześnie, a wprowadzenie buforowania zmieni parametry czasowe systemu. Ponadto protokół SRT wymaga stosowania specjalistycznego sprzętu sieciowego, co powoduje że węzeł systemu MES musiałby zostać przeniesiony na poziom systemu sterowania. Dodatkowo węzeł ten musiałby pracować w reżimie czasu rzeczywistego, ponieważ utrata choćby jednej ramki związanej z fazą nawiązywania połączenia prowadziłaby do utraty informacji o rozmieszczeniu części informacji w statycznym cyklu komunikacyjnym.

Opisywane powyżej aspekty związane z determinizmem czasowym są szczególnie istotne w sytuacji, w której wprowadzane są nowe zadania związane z komunikacją MES do działającego i sprawdzonego systemu sterowania.

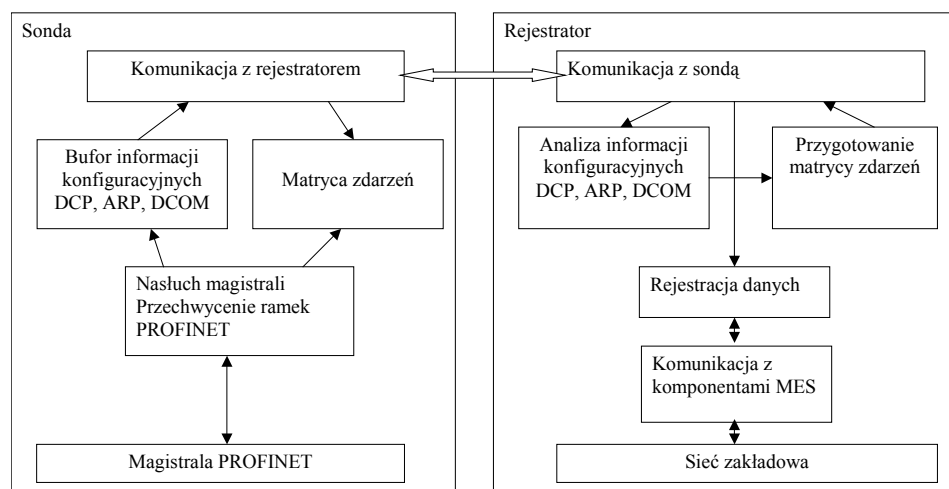
Aby uniknąć problemów związanych ze zmianą istniejącego scenariusza wymiany informacji, a jednocześnie uzyskać dostęp do krążących w sieci informacji, koniecznym będzie wprowadzenie architektury zakładającej pasywny nasłuch magistrali komunikacyjnej i rozproszenie terytorialne komponentów systemu MES.

Najprostszym z punktu widzenia nakładów inwestycyjnych rozwiązaniem byłoby wykorzystanie istniejących w sieci PROFINET przełączników (switch), oferujących możliwość nasłuchu ramek przesyłanych przez wybrany port na porcie lustrzanym (możliwość ta jest dostępna np. dla urządzeń serii SCALANCE). Jednak przeniesienie funkcji związanych z analizą wymieniających w sieci informacji na poziom kontrolera sieci byłoby całkowicie nieopłacalne ekonomicznie. O ile sam proces obsługi okrojonego protokołu DCOM da się rozwiązać w miarę ograniczonymi środkami sprzętowymi, o tyle nasłuch i analiza on-line wszystkich informacji wymieniających w sieci wymagałaby stworzenia rozwiązania znacznie bardziej rozbudowanego niż rozwiązanie możliwe do zrealizowania z wykorzystaniem standardowych procesorów komunikacyjnych sieci PROFINET typu ERTEC 200 czy ERTEC 400.

Zaproponowana na rys.2 architektura stanowi propozycję kompromisową, zakładającą rozdzielenie funkcji komponentów systemu MES pomiędzy umieszczoną w bezpośrednim sąsiedztwie obsługiwanej instalacji sondę, której zadaniem będzie nasłuch i wstępna analiza transmitowanych siecią informacji, oraz moduł stanowiący bezpośrednie źródło danych dla systemu MES, który jednocześnie wspomaga funkcje realizowanej z ograniczeniami sprzętowymi sondy. Prezentacja funkcjonalna zaproponowanego podziału zadań została przedstawiona na rys.3.

Informacje zawarte w ramach protokołu PROFINET DCP służą do identyfikacji nazw stacji i wiążą je z adresami MAC. Ramki protokołu ARP umożliwiające wyznaczenie adresów IP poszczególnych stacji. Ramki IP obsługują połączeniowe RPC wykorzystywane przez interfejs DCOM służący do wymiany danych pomiędzy obiektami ACCO. Informacje te przechwycone przez sondę pozwolą na określenie zestawionych dla danej sieci połączeń powiązań na poziomie aplikacji AR (Application Relationship) i kanałów komunikacyjnych danych CR (Communication Relationship). Kompletny zestaw danych opisujący istotne dla systemu akwizycji parametry komunikacyjne zajmuje, w zależności od liczby komponentów i występujących między nimi powiązań, od kilku do kilkuset kilobajtów. Przechwycenie i zbuforowanie takiej ilości informacji jest możliwe np. poprzez układy ERTEC obsługujące do 128 MB SDRAM, lub też inne układy kontrolerów sieci Ethernet.

Na podstawie zgromadzonych przez sondę informacji konfiguracyjnych, moduł rejestratora tworzy opis aktualnej sieci powiązań i zestawia go z wymaganiami stawianymi przez system MES. Ze względu na stosowany w sieci PROFINET SRT statyczny algorytm szeregowania wymian, zebrane informacje pozostają aktualne, aż do zamknięcia określonego kanału komunikacyjnego, lub restartu sieci wymuszających ponowną analizę danych konfiguracyjnych.



Rys. 3 struktura funkcjonalna i przepływ informacji dla proponowanego rozwiązania

Do zadań rejestratora należy przełożenie zdarzeń istotnych z punktu widzenia systemu MES na sieć prostych funkcji logicznych, które mogą być sprawdzane przez moduły sond. Sondy realizują operacje nasłuchu sieci i wychwytyują zdefiniowane przez rejestrator zdarzenia. Do zadań sondy należy także nadanie stempla czasowego związanego z zarejestrowanym zdarzeniem.

Realizacja sond może wymagać rozwiązania problemu równoczesnego sprawdzenia w trybie on-line wielu równoległych warunków logicznych. Rozważmy przypadek, dla którego węzeł PROFINET CBA transmituje w pojedynczej ramce dane zawierają-

ce 64 informacje binarne, a system MES dla każdego z bitów będzie wymagał realizacji 10 funkcji logicznych wymagających 10 operacji elementarnych. Nawet w przypadku bezpośredniej realizacji w języku maszynowym analiza takiej ramki wymagać będzie wykonania 6400 rozkazów. Jeżeli weźmiemy pod uwagę fakt, że transmisja całości w/w informacji odbywa się w czasie $7 * 10^{-6}$ s. To przy niezbyt pesymistycznym obciążeniu sieci na poziomie 10%, kontrola zdefiniowanych powyżej warunków wymagać będzie szybkości realizacji operacji rzędu 10^8 instrukcji na sekundę.

Jednak większość z realizowanych dla powyższego przykładu operacji sprowadza się do realizowanych cyklicznie porównań zawartości ramki transmitowanej protokołem PROFINET SRT z ustalonymi przez rejestrator opisami istotnych zdarzeń. Funkcje te mogłyby być realizowane przez oparte na mikrokontrolerze, rozwiązanie programowe, lub poprzez zastosowanie programowanej matrycy logicznej FPGA z aplikacją sprzętową. Generacja warunków testowych wykonywana będzie w układzie rejestratora, a przesłany układ bramek logicznych pozwoli na rejestrację w trybie on-line interesujących zdarzeń, bez potrzeby angażowania procesora komunikacyjnego sondy.

Proponowane rozwiązanie umożliwi dostęp informacji z niespotykaną w dotychczasowych systemach MES rozdzielczością, zależną jedynie od scenariusza wymian realizowanych w sieci PROFINET SRT. Rozdzielczość ta wyznaczana jest poprzez szerokość okna czasowego sieci i liczona jako wielokrotność podstawowego okna danych o długości 31,25 μ s. Analizując spójność zestawianych ze sobą informacji możliwa do uzyskania dokładność stempla czasowego ograniczana jest jedynie właściwościami protokołu IEEE1588 i dla przemysłowego systemu sterowania określana jest na poziomie pojedynczych mikrosekund.

5. Podsumowanie

Zmiany związane z wprowadzeniem systemów automatyki przemysłowej bazujących na komponentach, jak i zmiany dotyczące modelu funkcjonalnego systemu MES definiowane przez normę ISA 95 i odpowiadającą jej IEC/ISO 62264 wskazują, że dotychczasowe rozwiązania w obu tych klasach systemów będą ewoluować w kierunku architektury rozproszonej bazującej na komponentach. Perspektywa taka stwarza możliwość bezpośredniej współpracy pomiędzy składającym się z komponentów systemem MES a stworzonymi w oparciu o technologię bazującą na komponentach systemami automatyki przemysłowej.

W niniejszym opracowaniu przedstawiono problemy komunikacyjne występujące na styku systemów sterowania i systemów MES, oraz zaproponowano architekturę dedykowaną do współpracy z systemem bazującym na architekturze PROFINET CBA. Założeniem wyjściowym przedstawionej propozycji jest dostarczanie informacji technologicznych opisujących obsługiwany przez bazujący na komponentach system automatyki przemysłowej. Informacje te powinny być dostarczane z wysoką rozdzielczością i spójnością danych, przy jednoczesnej minimalizacji wpływu systemu akwizycji na komunikację poziomą zachodzącą w warstwie sterowania.

W konsekwencji zastosowania opisanego w pracy rozwiązania modyfikacji ulegnie struktura systemu informatyki przemysłowej. Prezentowane w punkcie pierwszym podejście hierarchiczne nie będzie adekwatne dla rozproszonego, przecinającego wszystkie trzy warstwy systemu opartego na komponentach rozwiązania MES. Także podział wymian komunikacyjnych na poziome wymieniane w ramach warstwy i pionowe wymieniane pomiędzy warstwami, zostanie zastąpiony modelem bazującym na lustrzanym odbiciu komunikacji poziomej do komunikacji pionowej, połączonym z selekcją informacji wewnątrz sond MES. Podejście to wymagać będzie także nowych metod opisu i analizy procesu wymiany informacji pomiędzy systemem sterowania i system MES.

Proponowane rozwiązanie można będzie wykorzystywać w przypadku, kiedy informacje pochodzące z różnych węzłów sieci, będą ze sobą związane poprzez technologię procesu, a stopień ich korelacji w czasie określi precyzja z jaką możliwe będzie prowadzenie analizy jakościowej, czy też analizy przyczyn awarii poprzez odpowiednie komponenty systemu MES. Dodatkowo przeniesienie procedur związanych z pozyskiwaniem informacji, bezpośrednio do układów zajmujących się obsługą komunikacji w sieci polowej pozwoli z jednej strony zminimalizować zmiany wprowadzone w systemie sterowania związane z jego połączeniem z systemem MES, z drugiej strony nie wymaga ono zaangażowania urządzeń realizujących proces sterowania do realizacji dodatkowych funkcji związanych z komunikacją pionową np. w postaci serwera OPC.

Literatura

- [1] Cupek R., Fojcik M.: Budowa modułów komunikacyjnych stacji nadzorczej z sieciami przemysłowymi. ZN Pol. Śl. s. Informatyka z. 32, Gliwice 1997.
- [2] Cupek R. Kwiecień A.: O pewnych aspektach wykorzystania protokołów TCP/IP w sieciach przemysłowych. Materiały konferencyjne SCR 2002.
- [3] Cupek R. Akwizycja danych w systemach przemysłowych. rozdział monografii – „Systemy czasu rzeczywistego” WKŁ Warszawa 2005
- [4] E. Douglas Jensen: Timeliness in Mesosynchronous Real-Time Distributed Systems, International Symposium on Object-oriented Real-time distributed Computing 2004
- [5] Manfred Popp, Karl Weber, *The Rapid Way to PROFINET*, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V. Karlsruhe, 2004
- [6] PROFIBUS Working Group 7 “PROFINET and MES”: PROFINET and MES Maintenance Operations v.1, PROFIBUS Nutzerorganisation e.V., Karlsruhe, 2006
- [7] Torngren M.: Fundamentals of Implementing Real-Time Control Applications in Distributed Computer Systems, Journal of Real Time Systems 1996
- [8] Tsai J., Bi Y., Yang S., Smith R.: Distributed Real-Time Systems. A Wiley – Interscience Publication, New York 1996.