

Projektowanie rozproszonych systemów sterowania bazujących na magistralach miejscowych

Streszczenie:

Poprawne zaprojektowanie rozproszonego systemu sterowania dla różnych magistral miejscowych i dla najgorszego przypadku jest trudne i czasochłonne. W opracowaniu omówiono problem projektowania dla przeciętnego przypadku zachowania się systemu oraz przedstawiono zagadnienia związane z badaniem spełnienia ograniczeń czasowych metodami analitycznymi. W szczególności omówiono dwie metody planowania i szeregowania zadań: Earliest Deadline First (EDF) i Generalized Rate Monotonic Scheduling (GRMS). Pokazano także potrzebę i możliwości badań symulacyjnych do wyznaczenia tych parametrów i właściwości systemu, których uzyskanie metodami analitycznymi jest trudne i czasochłonne. Na zakończenie omówiono zagadnienie wspomagania procesu implementacji.

Design of distributed control systems based on fieldbuses

Abstract:

Nowadays there is a tendency to use fieldbuses in the distributed control systems. A variety of the fieldbuses makes it impossible to create a common project cycle. Therefore the correct design of the RT system for different fieldbuses for the worst case is very difficult and laborious. The paper elaborates on the designing of the common (average) case of the system behaviour. Also in the paper the fulfilment of the time limitation by analytic methods (Earliest Deadline First and Generalized Rate Monotonic Scheduling) is discussed and the need for and possibility of the simulation research. The end of the paper deals with supporting the implementation process.

1. WYMAGANIA CZASU RZECZYWISTEGO STAWIANE ROZPROSZONYM SYSTEMOM STEROWANIA

Podczas projektowania magistral miejscowych w systemach sterowania i akwizycji danych należy [17]:

- sprawdzić spełnienie ograniczeń czasowych nałożonych na te systemy. Sprawdzenia takiego można dokonać w sposób analityczny przez modyfikację metody GRMS,
- dokonać analizy systemu w oparciu np.: o algorytmy masowej obsługi,
- sprawdzić zachowanie systemów dla bardziej złożonych modeli pracy systemu i przy

różnych obciążeniach systemu. Sprawdzenia takiego można dokonać w oparciu o modelowanie symulacyjne.

Zakłada się, że ograniczenia czasowe systemu sterowania i akwizycji danych, określane jako graniczny przedział czasowy dla zrealizowania zadania, mogą być [12]:

- ostre, ograniczenia muszą być zawsze spełnione,
- łagodne, niespełnienie tych ograniczeń powoduje powstanie kosztów, określonych przez funkcję jakości,
- słabe, by wymagana przepustowość była osiągnięta dla dłuższego odcinka czasu.

Poprawne funkcjonowanie systemu rozproszonego wymaga ciągłej wymiany danych pomiędzy obiektami systemu. Przy projektowaniu systemów czasu rzeczywistego należy brać pod uwagę opóźnienia komunikacyjne magistral. Uzyskanie efektywnej komunikacji odbywającej się w czasie rzeczywistym pomiędzy różnymi urządzeniami nie jest łatwym zadaniem, a występujący narzut komunikacyjny jest często trudny do zaakceptowania w systemach silnie uwarunkowanych czasowo. Dlatego też systemom czasu rzeczywistego stawia się inne wymagania niż w przypadku przesyłania zwykłych danych, nie uzależnionych od czasu. W systemach przesyłania danych nie uwarunkowanych czasowo podstawową miarą wydajności transmisji jest przepustowość systemu, określająca jaka może być przesłana maksymalna liczba danych w jednostce czasu. Podstawowe wymagania stawiane sieciom dla transmisji czasu rzeczywistego to deterministyczny dostęp do warstwy fizycznej, odpowiednia szerokość pasma transmisji oraz minimalne opóźnienia. W systemach magistral miejscowych wymiana danych związana jest z opóźnieniami zależnymi od:

- czas potrzebny na formatowanie wiadomości (konstrukcja ramki), a potem jej rozformatowanie,
- sposobu dostępu do medium (czas oczekiwania w kolejce do wysłania),
- zastosowanego rozwiązania systemu transmisji danych (czas transmisji mierzony od chwili wysłania danych ze źródła do momentu ich otrzymania w miejscu docelowym),
- potrzeb komunikacyjnych systemu sterowania (narzut protokołu).

Oczywistym stwierdzeniem jest więc, że aby spełnić wymagania RT, należy dążyć do zminimalizowania wyróżnionych czasów.

Dane przesyłane w czasie rzeczywistym są na ogół dzielone na klasy wiadomości, z których każda jest charakteryzowana przez priorytet. Priorytet ten jest odzwierciedleniem ważności danej wiadomości (klasy) dla określonej aplikacji. Dlatego też istotnym zagadnieniem staje się sposób przydzielenia priorytetów i związany z tym wybór metody planowania i szeregowania zadań.

2. WYMAGANIA FUNKCJONALNE SIECIOWYCH SYSTEMÓW STEROWANIA

Przy projektowaniu sieciowych systemów sterowania i akwizycji danych należy rozważyć szereg zagadnień. Tak jak przy każdym projekcie najpierw należy określić cel projektowanej sieci, który polega zwykle na zaspokojeniu zapotrzebowania na transmisję informacji pomiędzy urządzeniami dla danego zastosowania. Sieć musi mieć wydajność wystarczającą do zapewnienia każdemu urządzeniu potrzebnych mu informacji w wymaganym czasie. Projekt sieci musi uwzględnić także możliwość modyfikacji i rozbudowy.

Dla każdego urządzenia definiowane są jednoznacznie wymagania dotyczące danych pochodzących od innych urządzeń. Wymagania mogą dotyczyć zakresu transmisji od asynchronicznej aktualizacji pojedynczych bitów danych, do cyklicznej wymiany dużych bloków danych. Odpowiedź na żądanie przekazania danych jest również uzależniona od

szybkości pracy urządzenia. Dlatego sieć traktowana jest jako układ urządzeń, którego całkowite osiągi zależą od:

- liczby fizycznych węzłów sieci,
- wymagań dotyczących wymiany danych,
- szybkości przesyłania danych.

Aplikację można zaprojektować jako pojedynczą sieć z liniowym układem węzłów albo jako układ równoprawny lub hierarchiczny połączonych sieci. Wybór konfiguracji będzie zależał od żądań wymiany danych pomiędzy urządzeniami. Węzły, które muszą wymieniać istotne dane i dla których czas dostępu jest wielkością krytyczną, powinny być usytuowane w podsieci o niewielkiej liczbie urządzeń, mając połączenie poprzez mostek z dalszą częścią sieci o mniejszych krytycznych wymaganiach.

Należy uwzględnić także, jak dużo danych powinno być zawartych w transakcjach pomiędzy pojedynczymi urządzeniami, a ile w globalnych wymianach danych. Jeżeli aplikacja tego wymaga, urządzenia muszą realizować wiele współbieżnych transakcji z różnymi urządzeniami, w zależności od tego, jak wiele kanałów może być otwartych w obrębie danego urządzenia.

Ważny jest wybór metody oceny przepustowości informacyjnej. Jeżeli oczekujemy przepustowość tylko dla przeciętnego obciążenia, to może to nie wystarczyć, gdyż w sieci mogą wystąpić nieprzewidziane sytuacje prowadzące do silnych przeciążeń w pewnych okresach czasu. Przepustowość informacyjna, pomiędzy urządzeniami o krytycznym czasem reakcji, musi posiadać bezpieczny margines nawet dla największego obciążenia sieci.

Po określeniu strategii komunikacji, wyznaczającej sposób integracji różnych systemów sterujących, komputerów, urządzeń, należy opisać rodzaje aplikacji, które należy zaimplementować oraz ich wymagania co do przepustowości informacyjnej i rodzaju współpracujących urządzeń. Należy uwzględnić trzy poziomy dotyczące tego zagadnienia:

- zastosowanie sieci. Dokonywane jest określenie typu aplikacji dla sieci: akwizycja danych, procesy, kontrola systemu, sprzęg do użytkownika, statystyczne sterowanie procesem, kontrola jakości, lokalne i zdalne programowanie, archiwizowanie, startowanie i ładowanie skrośne programów, generowanie raportów, przyłączenie do innych typów sieci.
- wymagania informacyjne. Dokonywane jest określenie rodzajów informacji, które muszą występować w każdej aplikacji oraz być przekazywanych pomiędzy nimi. Są to: dane pomiędzy wzajemnie oddziaływającymi węzłami, ładowanie programów i danych konfiguracyjnych, dane statystyczne (produkcyjne, jakościowe oraz raporty), kontrola nadrzędna systemu oraz informacje dla sprzęgu użytkownika, konwersja danych, raporty diagnostyczne i utrzymania ruchu. Należy określić również ilość danych każdego typu i ich wymagania przepustowości informacyjnej, tzn. jak dużo danych danego typu musi być przesłanych pomiędzy urządzeniami na jednostkę czasu.
- wymagania transakcji. Należy określić typ oraz ilość transakcji pomiędzy urządzeniami. Należy dla każdej transakcji podać węzeł nadający i odbierający oraz typ komunikacji pomiędzy węzłami: cel transmisji, priorytet, warunki nadawania wiadomości, częstotliwość, liczba rejestrów, wymagany czas odpowiedzi. Węzeł opisany jest przez adres sieciowy, adres węzła, typ urządzenia i opis urządzenia.

Wiele aplikacji wymaga dużej niezawodności w trudnych warunkach. Protokół nazwiemy niezawodnym (*robust*), jeżeli może on szybko wykryć błędy i naprawić się w wyniku zaistnienia błędów (np. podwójny lub utracony znacznik), dodać węzły i likwidować węzły. W niektórych systemach bardzo ważnym czynnikiem jest szybkie przywrócenie zwykłego stanu pracy po zresetowaniu, wyłączeniu lub chwilowym braku zasilania.

W systemach sterowania i akwizycji danych może wystąpić potrzeba stosowania protokołu dostępu, który umożliwia operowanie na różnych typach medium fizycznego oraz na różnych topologiach magistral miejscowych [14,16,19]. W takiej sytuacji część systemu może wymagać

kosztownej sieci światłowodowej (np.: ze względu na zakłócenia elektryczne, występujące na danym obszarze), natomiast dla pozostałej części instalacji wystarczy zwykła skrętka. Innym ważnym zagadnieniem do rozwiązania jest koszt systemu sieciowego w przeliczeniu na jeden węzeł. Prostsze protokoły mają mniejsze wymagania dla sprzętu i oprogramowania i dlatego są zwykle tańsze. Dla aplikacji, dla których przewiduje się rozbudowa sieci, lepszymi rozwiązaniami mogą być bardziej zaawansowane protokoły, nie mające dużych ograniczeń dotyczących rozbudowy sieci.

3. PROJEKTOWANIE SYSTEMU DLA PRZECIĘTNEGO PRZYPADKU

Magistrale miejscowe stanowią jeden z podstawowych elementów składowych wielu systemów przemysłowych [5,18,20]. Jednakże różnorodność rozwiązań powoduje, że projektowanie systemów czasu rzeczywistego z magistralami miejscowymi stanowi duży problem i wymaga różnorodnej wiedzy. Jednym ze sposobów częściowego zmniejszenia wyżej wymienionych problemów jest projektowanie systemu dla przeciętnego przypadku z dodaniem pewnego marginesu tolerancji. Należy jednak zaznaczyć, że takie podejście jest możliwe tylko dla systemów o słabych ograniczeniach czasowych. Projektowanie takie polega na przyjęciu założenia, że występujące w poszczególnych węzłach wiadomości potrzebują uzyskać dostęp do magistrali przez pewien średni odcinek czasu z określoną średnią częstotliwością. Długość tego odcinka czasu oraz częstotliwość obliczamy mając do dyspozycji średnie wartości: ilości wiadomości w węzle (N_{SR}), czasów trwania wiadomości (C_{SR}), okresów występowania (T_{SR} , zakładamy, że ograniczenia czasowe wiadomości równe są okresowi występowania) oraz margines bezpieczeństwa ($w \geq 1$). Przykładowo, dla magistrali PROFIBUS [15] stosującej w warstwie MAC (Media Access Control) metodę krążącego znacznika (*token passing*), należy określić czas przebywania tokena w węzle i (t_{SRi}) oraz czas obiegu tokena (T_{TRSR}) tak, aby:

$$w_i \frac{C_{SRi} N_{SRi}}{T_{SRi}} \leq \frac{t_{SRi}}{T_{TRSR}} \quad \text{przy: } T_{TRSR} \leq T_{SRi} \quad (1)$$

Należy także pamiętać, aby dla danej magistrali uwzględnić narzut protokołu (dodatkowe składniki specyficzne dla danego typu protokołu, jak np.: odpytywanie, potwierdzanie, przekazywanie tokena, itp.) i dane nadmiarowe (elementy, które są dołączane do transmitowanej wiadomości przez warstwę łącza danych i warstwę fizyczną, czyli np.: pole adresowe, pole kontrolne, kodowanie sygnału). W systemach o ostrych ograniczeniach czasowych powinny być jednak użyte narzędzia lub metody, umożliwiające dokładniejsze zbadanie różnych możliwych zachowań zaprojektowanego w ten sposób systemu, a przede wszystkim sprawdzenie dochowania ograniczeń czasu rzeczywistego.

4. ANALIZA WARUNKÓW CZASU RZECZYWISTEGO DLA NAJGORSZEGO PRZYPADKU

Aby system spełniał ostre wymagania czasu rzeczywistego rozwiniętych zostało wiele metod szeregowania zadań. Dla metod szeregowania opracowane są analityczne metody sprawdzania dochowania warunków czasu rzeczywistego dla środowiska z centralnym programem szeregującym. W magistralach miejscowych zwykle nie istnieje centralny arbiter rozstrzygający o dostępie do warstwy fizycznej. Dlatego też bardzo ważnym zagadnieniem jest

zaadoptowanie tych metod dla procesu projektowania systemów rozproszonych jakimi są magistrale miejscowe. Do najpopularniejszych metod, dających przynajmniej po części odpowiedź na pytania o spełnienie ograniczeń czasowych, możemy zaliczyć metody: *Earliest Deadline First* (EDF) [7] i *Generalized Rate Monotonic Scheduling* (GRMS)[8,9,21].

Metoda EDF polega na dynamicznym przydzielaniu priorytetu do zadań. Im zadanie jest bliżej swojego ograniczenia czasowego tym większy uzyskuje priorytet. Metoda EDF może być użyta do badania zadań okresowych i nieokresowych. Twierdzenie EDF mówi, że dla N niezależnych okresowych zadań, posiadających czas wykonania C_i i okres występowania T_i ($i=1...N$) oraz zakładając, że ograniczenie czasowe równe jest okresowi występowania, to jeżeli zachodzi warunek:

$$\frac{C_1}{T_1} + \frac{C_2}{T_2} + \dots + \frac{C_n}{T_n} = \sum_{i=1}^n \frac{c_i}{T_i} \leq 1 \quad (2)$$

zadania spełniają swoje ograniczenia czasowe. Metoda EDF posiada jednak pewną wadę. Nie spełnia ona swojego zadania, kiedy system jest przeciążony. Mówiąc inaczej, jeżeli powyższa nierówność nie jest spełniona, to nie możemy przewidzieć zachowania się systemu. Wady tej nie posiada druga z wymienionych metod.

Algorytm szeregowania zadań w metodzie GRMS działa według następujących reguł:

- każdemu zadaniu zostaje przydzielony priorytet,
- priorytety są przydzielane do zadań zgodnie z zasadą, że priorytet jest odwrotnie proporcjonalny do okresu występowania zadania, czyli zadanie z krótszym okresem występowania otrzymuje wyższy priorytet niż zadanie z dłuższym okresem występowania,
- zadanie o wyższym priorytecie może wywłaszczyć zadanie o priorytecie niższym.

Dla N niezależnych okresowych zadań, posiadających czas wykonania C_i i okres występowania T_i ($i=1...N$), zakładając, że ograniczenie czasowe D_i równe jest okresowi występowania zadania ($D_i=T_i$) oraz jeżeli stosujemy algorytm szeregowania GRMS to powiemy, że spełnione są ograniczenia czasowe zadań, jeżeli zachodzi warunek:

$$\sum_{i=1}^n \frac{C_i}{T_i} \leq N(2^{1/N} - 1) \quad (3)$$

Graniczne wykorzystanie (wartość graniczna) zasobów ($N(2^{1/N} - 1)$) dla dużych N dąży do $\ln 2 = 0.69$. Oznacza to, że jeżeli dla dużej liczby zadań wykorzystanie zasobów jest mniejsze od 0.69, to będą spełnione wymagania RT. W czasie, gdy zasoby nie są wykorzystane przez zadania z ograniczeniami czasowymi, mogą być wykonywane zadania o niskim priorytecie.

Projektowanie systemów czasu rzeczywistego (nawet o niewygórowanych wymaganiach), z uwzględnieniem najgorszych warunków pracy jest trudne i kosztowne. Dlatego też tworzone są modele symulacyjne sieci do wyznaczania między innymi ich właściwości przy prawidłowej pracy aplikacji bez przeciążeń oraz dla najgorszego przypadku.

5. BADANIA SYMULACYJNE

Na podstawie analitycznych metod badania systemów fieldbus, polegających w dużej mierze na sprawdzeniu jedynie pewnych skrajnych przypadków zachowania się magistrali, wnioskuje się o dotrzymaniu (lub niedotrzymaniu) ograniczeń czasu rzeczywistego. Dlatego też bardzo

trudno jest określać przepływ wiadomości i obciążenie magistrali w dowolnej chwili. Praktycznie niemożliwe jest badanie systemów takimi metodami w sytuacji, gdy magistrala jest w stanie przeciążenia. Istotnym staje się więc testowanie, badanie i weryfikacja projektowanych systemów za pomocą metod symulacyjnych. Dodatkowym argumentem przemawiającym za koniecznością wprowadzenia badań symulacyjnych jest fakt, że testowanie zaprojektowanego systemu czasu rzeczywistego jest bardzo utrudnione ze względu na silne powiązania z obiektem rzeczywistym. Przeważnie zachodzą sytuacje, że na obiekcie rzeczywistym nie wolno eksperymentować, albo eksperymenty są ograniczone do typowych zachowań obiektu. Kolejną istotną kwestią jest wczesne wykrycie i poprawa błędów w trakcie projektowania i uruchamiania systemu. Zbyt późne wykrycie błędu może być związane z wysokimi kosztami. Jedną z metod, która umożliwia sprawdzenie czy system został poprawnie zaprojektowany jest właśnie symulacja komputerowa. Modele symulacyjne mogą być użyte także do wyznaczenia tych parametrów i właściwości systemu, których uzyskanie metodami analitycznymi jest trudne i czasochłonne. Przykładem takiego zastosowania może być wybór szybkości magistrali lub wyznaczenia czasu opóźnienia wiadomości [13].

Wybór szybkości magistrali jest pewnym kompromisem pomiędzy właściwościami aplikacji i własnościami systemu. Niska prędkość magistrali może prowadzić do niespełnienia ograniczeń czasowych, występowania wąskich gardeł i ograniczenia możliwości rozwoju systemu. Duża szybkość powoduje zmniejszenie maksymalnej długości magistrali, zwiększa wrażliwość na szumy oraz zwiększa wymagania dla interfejsu sieciowego i aplikacji. Procesor powinien mieć możliwość odbioru napływających informacji i własność szybkiego przełączania się pomiędzy realizacją aplikacji, a obsługą odbieranych wiadomości. Interesującymi charakterystykami, możliwymi do uzyskania na drodze badań symulacyjnych, mogą być: częstość przerw pracy procesora dla zwiększonej szybkości magistrali i przedział czasu jaki procesor ma na odebranie wiadomości z bufora.

Przeciętne opóźnienie warstwy MAC jest trudne do wyznaczenia dla dowolnego obciążenia sieci, dlatego dla wyznaczenia tej wartości stosowane są badania symulacyjne. Opóźnienie to zależy przede wszystkim od priorytetu wiadomości, czasu wytworzenia wiadomości, czasu dostępu do magistrali i szerokości pasma magistrali. Model symulacyjny powinien mieć możliwość wystartowania wszystkich generatorów wiadomości w tym samym czasie, bez przesunięć fazowych (taki scenariusz, najgorszego przypadku, jest bardzo trudny do zrealizowania w rzeczywistym systemie). Wiadomości są następnie opóźniane o ułamek okresu wiadomości, wyznaczany przez funkcję losową. Dla wielu magistral ważne jest bowiem zbadanie opóźnienia warstwy MAC dla zsynchronizowanych i nie zsynchronizowanych węzłów.

Dla systemów sieciowych zostało opracowanych szereg pakietów symulacyjnych umożliwiających symulację różnych konfiguracji sieciowych. Jednakże, pakiety te nie są dobrze przystosowane do modelowania sieci magistral miejscowych. Pakiety te, poprzez odpowiednie sparametryzowanie, umożliwiają modelowanie symulacyjne sieci magistral miejscowych. Należy jednak zaznaczyć, że modyfikacja ta nie jest łatwa. Do omawianych pakietów należą:

- Comnet III firmy CACI Products,
- NetMaker XA firmy Make Systems,
- Optimal Performance firmy Optimal Networks,
- NetSolve firmy Quintessential Solutions,
- Bones PlanNet firmy Systems and Network.

Przykładowo, przy pomocy programu Comnet III [1] można analizować sieci typu WAN, MAN, LAN. Możliwe jest modelowanie między innymi: X.25, ISDN, SS7, Frame/Cell Realy, FDDI, DECNet, SNA, TCP/IP, CSMA/CD, przekazywanie znacznika, metody odpytań, polling, sieci radiowe i satelitarne.

6. WSPOMAGANIE PROCESU IMPLEMENTACJI

Zagadnienie to nie jest łatwym zadaniem, gdyż w obszarze magistral miejscowych stosowane są rozwiązania różnych producentów, a ich produkty wykazują ograniczone możliwości współdziałania między sobą. Dlatego też istnieją dodatkowe mechanizmy wspomagające proces implementacji tych systemów:

- Definicja profili danych i funkcji dla różnych typów urządzeń,
- Języki opisu urządzeń -DDL, do formalnego definiowania funkcjonowania,
- Wspomaganie warstwy aplikacji: bloki funkcyjne do zapewnienia wewnętrznych połączeń między funkcjami w sposób standardowy, wymiana bloków pozwalająca użytkownikowi na łączenie danych w bloki standardowe, definicja wirtualnych urządzeń dla bloków danych, dla różnych typów urządzeń,

6.1. Definicja profili

Dla uzyskania poprawnego współdziałania w sieci pomiędzy urządzeniami od różnych dostawców konieczna jest przede wszystkim standaryzacja charakterystyk komunikacyjnych tych urządzeń. To jednak nie zapewnia ich bezbłędnego funkcjonowania w przypadku zamiany urządzenia na pochodzące od innego producenta. Zachodzi to również w przypadku, gdy sprzęt jest przystosowany do pracy w sieci. Prawdziwie otwarty i elastyczny system wymaga więc nie tylko standaryzacji komunikacji i połączeń sieciowych, ale również definicji zasad funkcjonowania urządzeń. W zależności od zakresu uzgodnień, rozróżnia się trzy typy profili:

- Profil komunikacyjny - opisuje on podzbiór protokołu sieciowego, który jest wymagany dla odpowiednich zastosowań.
- Profil urządzenia - bazuje na profilu komunikacyjnym. Zawiera definicje, które określają zachowanie się urządzeń przy otrzymaniu odpowiednich danych sterujących.
- Profil branżowy - w określonych branżach jak w budownictwie lub przemyśle tekstylnym, często występuje potrzeba dalszych definicji urządzeń w celu uzyskania pełnego współdziałania urządzeń różnych producentów.

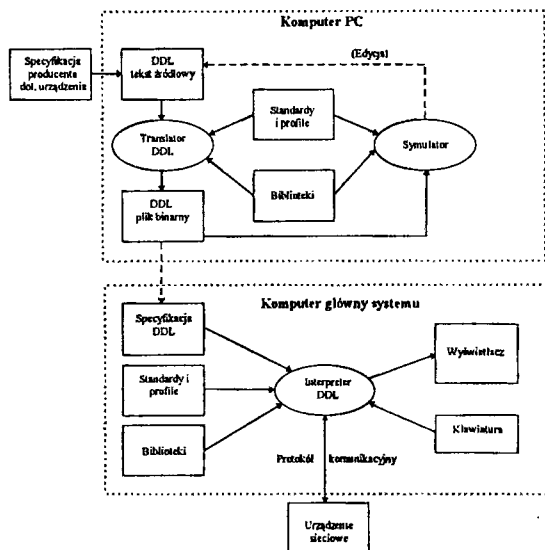
Dla przykładu profil DRIVECOM (*DRIVECOM Motion Control Profile*) przeznaczony do sterowania ruchem, jest profilem urządzenia, który jest wykorzystywany w sieci InterBus-S [6]. Funkcje sterownika DRIVECOM zostały usystematyzowane dla sterowania serwomechanizmów, przekształtników oraz silników prądu stałego. Funkcje te zostały zaadaptowane przykładowo w sieci CAN [4]. Dla innych systemów sieciowych (PROFIBUS, LONWORKS) rozwijane są własne profile [2, 10].

Producenci uzgadniają standardy dla produkowanych urządzeń jak silniki, regulatory itp. Dla przykładu standaryzacją w przemyśle elektrycznym zajmuje się organizacja NEMA (*National Electrical Manufacturing Association*).

6.2. Język opisu urządzeń DDL

Bardziej uniwersalną koncepcją od profili jest tzw. *Device Description Language* (DDL) - Język Opisu Urządzenia [11]. Język ten (stworzony pierwotnie przez firmę HART

Communication Foundation dla magistrali miejscowej HART) jest formalnym językiem służącym do kompletnego i jednoznacznego opisu parametrów urządzenia, takich jak: dostępne zmienne, komendy, procedury operacyjne (np.: kalibracja). Opis ten, zwany Opiszem Urządzenia (Device Description), napisany w formacie tekstowym i składa się z listy pozycji (obiektów) wraz z opisem ich cech (atrybutów lub właściwości). Rys. 1 przedstawia sposób wykorzystania języka DDL.



Rys. 1. Wykorzystanie języka Device Description Language

Główną korzyścią wynikającą z zastosowania języka DDL jest fakt, że w systemie używającym tej koncepcji, wszystkie urządzenia, niezależnie od rodzaju producenta, mogą zgodnie z sobą współpracować, a dodatkowo nie ma problemów z konfigurowaniem systemu po przyłączeniu nowego urządzenia. Kolejną korzyścią może być, po jednokrotnym stworzeniu Opisu Urządzenia, generacja kodu binarnego dla różnych magistral miejscowych. Możliwa byłaby wówczas, po wymianie interfejsu sieciowego, praca danego urządzenia w dowolnym systemie sterowania i akwizycji danych opartym o magistrale miejscowe. Wymienione korzyści dotyczą także układów automatyki budynków z systemami fieldbus.

6.3. Wspomaganie warstwy aplikacji

Podczas dostępu do danych, dla użytkownika nie powinno być różnicy, czy ma do czynienia z systemem magistralowym czy standardowymi, równoległymi połączeniami oraz z którego urządzenia one pochodzą (mowa o strukturze danych, a nie o treści). Takie podejście jest możliwe do wykonania w przypadku standaryzacji danych, tzn. uniezależnienia formy od rodzaju urządzenia.

Sposoby takiej standaryzacji istnieją już w obszarze sieci przemysłowych, np. MMS (*Manufacturing Message Specification*). MMS umożliwia wymianę znormalizowanych komunikatów pomiędzy różnymi sterownikami i komputerami w maszynach i urządzeniach przemysłowych. MMS podczas wymiany informacji pomiędzy dwoma partnerami komunikacyjnymi (np. komputer - sterownik CNC lub PLC) opiera się w zasadzie na dwóch

uzupełniających się modelach: model Klient-Serwer (*Client-Server*) i model Wirtualnego Urządzenia Wytwórczego (*Virtual Manufacturing Device VMD*). Parę Klient - Serwer mogą na przykład stanowić komputer sterujący gniazda wytwórczego i sterownik CNC obrabiarki. Wirtualne urządzenie wytwórcze VMD może być przedstawione jako maska ukrywająca rzeczywiste cechy urządzenia, np. zmienne lub programy sterownika PLC. W oparciu o strukturę MMS został zaprojektowany podobny system dla sieci InterBus-S - PMS (*Peripherals Message Specification*). Usługi PMS stanowią podzbiór usług zdefiniowanych w systemie PROFIBUS-FMS (*Fieldbus Message Specification*), a całość zawiera się w zbiorze usług MMS (ISO/IEC 9506).

Wywołanie funkcji PMS i FMS jest identyczne, a jedynie przesyłanie danych przez magistralę odbywa się za pomocą innych mechanizmów komunikacyjnych. Dostępne usługi obejmują :

- usługi użytkowe - wspomagają pracę użytkownika, ułatwiają dostęp do danych komunikacyjnych i procesowych (czytanie i zapisywanie zmiennych, start i stop wykonywania programu),
- usługi zarządzające - służą do wymiany informacji pomiędzy obiektami maszyny wirtualnej VMD - usługi z tej grupy to: usługi identyfikacji urządzenia, informacja o statusie urządzenia, itp.,
- usługi administrujące siecią - funkcje te ustalają pracę systemu sieciowego (inicjowanie związków komunikacyjnych, ustanowienie połączenia, i inne).

7. WNIOSKI

Projektowanie sieciowych systemów sterowania z magistralami miejscowymi nie jest zagadnieniem łatwym, chociażby ze względu na istniejącą różnorodność, nie współpracujących ze sobą, systemów fieldbuses. Podczas projektowania systemów o słabych ograniczeniach czasowych często ignorowana jest analiza zachowania się sieci dla najgorszego warunku. W wielu przypadkach przy badaniu właściwości magistral wygodnie jest skorzystać z modeli symulacyjnych.

Dla zagadnienia szybkiego projektowania istotne będą wszelkie mechanizmy wspierające i przyspieszające ten proces (definicje profili, język DDL). Poprawę sytuacji mogą przynieść także działania mające na celu standaryzację tych magistral [3].

LITERATURA

- [1] *A quick look at COMNET III. Network Capacity and performance prediction.* CACI Products Company, 1995
- [2] Amberger H., Hackel I., Jetses H., Lauer P.: *With the PROFIBUS profile for standarization in electrical drive technology.* Antriebstechnik, Vol. 31, No 2, 1992, pp 34-41
- [3] Caro R. H.: *S50 fieldbus standard advancing*
- [4] *Controller Area Network.* Hitex (UK) Ltd. 1996
- [5] Drwal A., Werewka J., Żaba S.: *Zastosowanie magistral miejscowych w sterowaniu i akwizycji danych w systemach produkcyjnych.* Wydawnictwo AGH „Automatyka”, Półrocznik Tom I 1997, pp. 99-110
- [6] *InterBus - The Sensor/Actuator Bus.* InterBus-S Club. 1996
- [7] Jeffay K., Stanat D., Martel C.: *On Non Preemptive Scheduling of Periodic and Sporadic Tasks.* Proc. of IEEE Real Time Systems Symposium, 1991

- [8] Klein M. et al. *'A Practitioner's Handbook for Real-Time Analysis: Guide to Rate-Monotonic Analysis for Real-Time Systems*. Kluwer Academic Publishers, Boston, July 1993.
- [9] Klein M. H., Lehoczky L. P., Rajkumar R.: *Rate-Monotonic Analysis for Real-Time Industrial Computing*. Computer January 1994, pp. 24-33
- [10] *LONWORKS Engineering Bulletins*. Echelon 1995
- [11] Romilly B.: *HART Field Communications Protocol - A Technical Description*. June 1996
- [12] Sha L., Rajkamur R., Sathaye S.: *Generalised Rate-Monotonic Scheduling Theory: A Framework for Developing Real Time Systems*. Proc. of the IEEE. Vol. 82, No. 1, Jan. 1994, pp.68-82
- [13] Upender B. P., Dean A. G.: *Variability of CAN Network Performance*. International CAN Conference, Paris, France 1996.
- [14] Vasques F., Juanole G.: *Fieldbus MAC Mechanism for Hard Real Time Data Communication Support*. CNRS LAAS, LAAS Report 93396, 1993
- [15] Volz M.: *PROFIBUS. Technische Druckschrift*. PROFIBUS Nutzerorganisation. Oktober 1995
- [16] Werewka J., Drwal A., Żaba S.: *Protokoły dostępu do medium fizycznego dla wybranych sieci przemysłowych*. Konferencja Automation'97, PIAP, Warszawa 1997, Tom 2, pp.355-366
- [17] Werewka J., Żaba S., Drwal A.: *Zagadnienie badania charakterystyk czasowych i przepustowości magistral miejscowych*. IV Konferencja Systemów Czasu Rzeczywistego, Szklarska Poręba 22-25 września 1997, pp. 325-336
- [18] Werewka J., Drwal A., Żaba S.: *Zastosowanie magistral miejscowych w sterowaniu maszyn i napędów elektrycznych*. II Konferencja Naukowo - Techniczna. Zastosowanie Komputerów w Elektrotechnice, Poznań 7-9 kwiecień 1997
- [19] Werewka J., Żaba S., Drwal A.: *Protokoły dostępu i charakterystyki czasowe magistral miejscowych*. POMIARY AUTOMATYKA ROBOTYKA - Miesięcznik Naukowo-Techniczny. Wrzesień 1997
- [20] Żaba S., Drwal A.: *Zagadnienia pełnego rozproszenia sterowania i akwizycji danych w budynkach*. Konferencja Naukowo-Techniczna 'Inżynieria Elektryczna w Budownictwie', Kraków 25-26 września 1997, pp. 131-139
- [21] Żaba S.: *Zastosowanie metody GRMS do badania magistral miejscowych w systemach czasu rzeczywistego*. I Krajowa Konferencja „Metody i systemy komputerowe w badaniach naukowych i projektowaniu inżynierskim”, Kraków 25-26 listopad 1997, pp.685-694