

## Zastosowanie pakietu programowego COMNET III do projektowania struktur sieci magistral miejscowych

### Streszczenie

Aktualnie dostrzega się burzliwy rozwój zastosowania magistral miejscowych (fieldbus) w systemach sterowania. Aby układy magistralowe mogły być używane w takich systemach należy sprawdzić ich zachowanie się w różnych warunkach i przy różnych obciążeniach systemu. Sprawdzenia takiego można dokonać w oparciu o modelowanie symulacyjne. Punktem wyjścia do takich badań jest opis modeli magistral miejscowych stosowanych w systemach sterowania i akwizycji danych. Dla systemów sieciowych zostało opracowanych szereg pakietów symulacyjnych umożliwiających symulację różnych konfiguracji sieciowych. Pakiety te nie są jednak bezpośrednio przystosowane do symulacji magistral miejscowych. Program COMNET III dopiero poprzez odpowiednie zdefiniowanie wymaganych parametrów umożliwia modelowanie symulacyjne sieci magistral miejscowych.

### The application of the COMNET III software package to the designing of fieldbus net structures.

#### Abstract

A rapid development of fieldbus application in control systems can be noticed currently. To make it possible for the fieldbus configurations to be used in these systems it is necessary to check how the configurations behave in various conditions and with various system loads. Such a check can be run on the basis of simulation modelling. A description of fieldbus models which are applied in control systems and data acquisition is the starting point for the research. A series of simulation packages have been worked out for the network systems. The packages enable the simulation of various network configurations. These packages, though, are not directly adapted to the fieldbus simulations. Only through a proper defining of required parameters The COMNET III programme enables the simulation modelling of the fieldbus network.

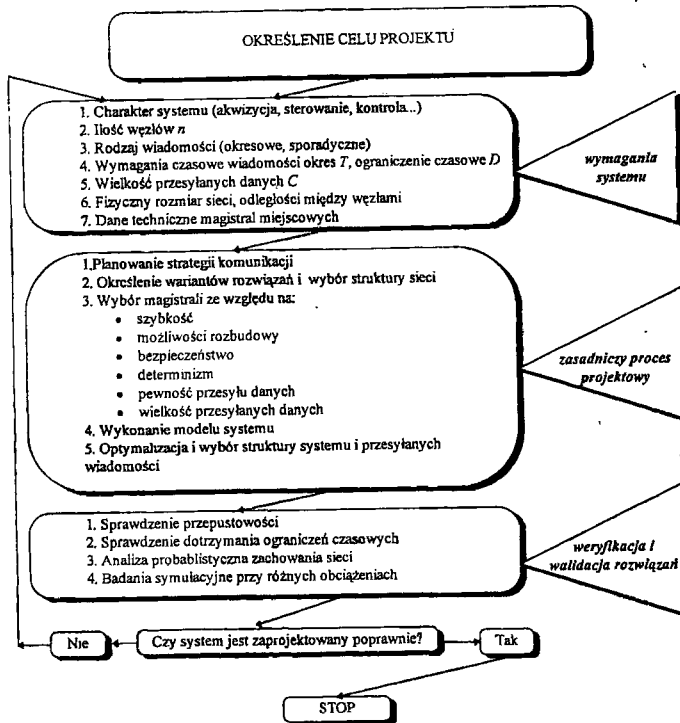
## 1. PROCES PROJEKTOWANIA STRUKTURY SYSTEMU MAGISTRALOWEGO

Technika projektowania polegająca na fizycznym wykonaniu modelu działającego systemu, a następnie jego testowaniu i weryfikacji jego działania jest dosyć uciążliwa, żmudna i kosztowna [7]. Lepszym rozwiązaniem jest wykorzystanie do tego celu komputerów, polegające na stworzeniu odpowiedniego modelu projektowanego systemu a następnie jego

testowanie i ocena przed etapem implementacji. Wykorzystywać możemy tutaj wszystkie narzędzia programowe stosowane w procesie szybkiego makietowania. Dzięki tej technice może zostać stworzony dokładniejszy prototyp projektowanego systemu będący podstawą do testowania. Na tym etapie muszą być uwzględnione także wymagania dotyczące wydajności systemu.

Projektowanie sieciowego systemu wbudowanego powinno składać się z:

- określenia celu projektowego
- określenia wymagań projektowanego systemu
- zasadniczego projektowania
- kontroli otrzymanych wyników (weryfikacji i walidacji)



Rys. 1. Przebieg procesu projektowego

## 2. CEL PROJEKTOWY, WYMAGANIA SYSTEMU

Zwykle celem jest takie zaprojektowanie sieci, aby zaspokoić potrzeby transferu informacji pomiędzy urządzeniami w danym zastosowaniu. Wydajność projektowanej sieci powinna być wystarczająca do przesłania każdemu urządzeniu potrzebnych mu informacji w czasie wymaganym przez daną aplikację, z założeniem pewnego marginesu bezpieczeństwa. W projekcie sieci należy przewidzieć możliwość przyszłej modyfikacji i rozbudowy. W oparciu o postawiony cel projektowy należy określić podstawowe wymagania systemu a związane z rozmiarem sieci, wielkością przesyłanych danych itp. (rys. 1).

### 3. ZASADNICZY PROCES PROJEKTOWY

Zasadniczy proces projektowy powinien polegać na wykonaniu czynności obejmujących: zaplanowanie strategii komunikacji, wybór odpowiedniej magistrali, wykonanie modelu systemu magistralowego a także optymalizację struktury systemu.

#### **Planowanie strategii komunikacji**

Biorąc pod uwagę możliwość występowania w systemie różnych urządzeń, każde z nich powinno posiadać zdefiniowane jednoznacznie wymagania dla danych pochodzących od innych urządzeń. Wymagania mogą dotyczyć sporadycznej aktualizacji pojedynczych bitów aż do ciągłej wymiany dużych bloków danych. Aplikacja sterująca wzajemnym oddziaływaniem pomiędzy węzłami powinna zapewnić szybką reakcję na żądanie otrzymania danych.

Jeżeli wiele urządzeń dzieli się wspólnie tą samą siecią, żądania każdego urządzenia powinny być przedstawiane jako odrębne od wymagań innych urządzeń. Odpowiedź na żądanie nadania danych jest również uzależniona od szybkości pracy urządzenia. Dlatego też sieć powinna być rozpatrywana jako układ urządzeń, którego całkowite osiągi zależą od liczby fizycznych węzłów sieci, ilości przesyłanych danych oraz szybkości transmisji danych w sieci. Należy w związku z tym zaplanować odpowiednią strategię komunikacji, która pozwoli zintegrować różne systemy sterujące i różnego rodzaju komputery, urządzenia itp., należy uwzględnić rodzaje aplikacji, które chcemy zaimplementować, ich wymagania co do przepustowości informacyjnej i rodzaju współpracujących urządzeń.

#### **Określenie wariantów rozwiązań i wybór struktury sieci**

Można zaprojektować aplikację jako pojedynczą sieć, z liniowym układem węzłów; można ją zaplanować jako układ połączonych sieci: równoprawny lub hierarchiczny. Wybór będzie zależał od żądań wymiany danych pomiędzy urządzeniami. Węzły, które muszą wymieniać istotne dane, dla których czas dostępu jest wielkością krytyczną, powinny być usytuowane w podsieci o niewielkiej liczbie urządzeń, mając połączenie poprzez 'bridge' z dalszą częścią sieci o mniej krytycznych wymaganiach.

Należy uwzględnić także, jak dużo danych powinno uczestniczyć w transakcjach czytaj/zapisz pomiędzy urządzeniami (węzłami), a jak dużo w globalnych wymianach danych. Jeżeli aplikacja tego wymaga, urządzenia muszą utrzymywać wiele współbieżnych transakcji z różnymi urządzeniami, w zależności od tego, jak wiele kanałów może być otwartych w obrębie danego urządzenia. Jest to związane z przepustowością systemu. Oszacowanie przepustowości informacyjnej sieci powinno być przeprowadzone bardzo starannie. Jeżeli oszacujemy tylko średnie (przeciętne) osiągi, to należy być świadomym, że mogą wystąpić nieprzewidziane sytuacje prowadzące do silnych przeciążeń sieci w dowolnym czasie. Chwilową przepustowość informacyjną pomiędzy urządzeniami z krytycznym czasem reakcji musi posiadać bezpieczny margines nawet w najgorszych sytuacjach (największe obciążenie sieci).

W oparciu o przeprowadzone rozważania dotyczące różnych wariantów rozwiązań należy wybrać odpowiednią strukturę sieci.

#### **Wybór magistrali**

Możliwość zastosowania magistral miejscowych w systemach produkcyjnych [14] jest związana z parametrami technicznymi magistral (sposób dostępu do medium transmisyjnego, wielkość przesyłanych pakietów informacji, prędkość transmisji, możliwość tworzenia różnych struktur sieciowych, rozmiary uzyskiwanych połączeń sieciowych, dostępność, koszt itp.) oraz możliwością szybkiego wdrażania rozwiązań sieciowych. Najczęściej spotykanymi magistralami miejscowymi są: CAN, Profibus, InterBus-S, Modbus, LonWorks opisane w [3, 4, 5, 6, 8, 9, 12]. Cechą charakterystyczną magistral miejscowych jest to, że architektura ich

protokołu nie obejmuje wszystkich warstw modelu ISO/OSI RM [13]. Dodatkowo, magistrale te tym różnią się od zwykłych sieci komputerowych, że spełniają szereg warunków czasu rzeczywistego (Real Time - RT). Wybór rodzaju magistrali miejscowej powinien zostać poprzedzony dogłębną analizą wymagań projektowanego systemu z możliwością ich zaspokojenia przez poszczególne magistrale miejscowe.

#### **Wykonanie modelu systemu**

Na podstawie przyjętych założeń i celu projektu po przeprowadzeniu analizy wymagań i możliwości ich zaspokojenia przy pomocy dostępnych środków należy wykonać model. Model powinien obejmować wszystkie elementy projektowanego systemu, określać powiązania pomiędzy węzłami, narzucone ograniczenia czasowe. Model rozproszonego systemu sterowania bazującego na magistrali miejscowej został zaproponowany w [1].

#### **Optymalizacja i wybór struktury systemu i przesyłanych wiadomości**

Przygotowany model projektowanego systemu pozwoli na wybór właściwej struktury systemu. Struktura powinna być tak dobrana aby zapewnić dotrzymanie ograniczeń czasowych w systemie, uzyskania jak największej przepustowości lub innych stawianych wymagań przy użyciu odpowiednich wskaźników jakości.

#### **Weryfikacja i walidacja rozwiązań**

Przed przystąpieniem do wdrażania projektu systemu magistralowego należy przeprowadzić rozważania sprawdzające i wyjaśniające czy opracowany model struktury systemu spełnia narzucone wymagania komunikacyjne. W oparciu o metody analityczne należy sprawdzić czy w systemie będą spełnione wymagania czasu rzeczywistego i przepustowości. Do sprawdzenia warunków RT (Real Time) mogą zostać zastosowane twierdzenia GRMS po ich adaptacji dla rozproszonych systemów magistralowych [10,11]. Przy użyciu metod analitycznych bardzo trudno jest określać przepływ wiadomości i obciążenie magistrali w dowolnej chwili. Niezbędnym staje się użycie metod symulacyjnych.

### **4. ZASTOSOWANIE PAKIETU COMNET III DO BADANIA MAGISTRAL MIEJSCOWYCH**

Dla systemów sieciowych zostało opracowanych szereg pakietów symulacyjnych umożliwiających symulację różnych konfiguracji sieciowych. Możliwe jest przeprowadzenie badań symulacyjnych dla bardziej złożonych modeli wiadomości, uwzględniających takie kryteria jak: synchronizację wiadomości, jitter, błędy bitowe magistral miejscowych. 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. Jako przykład mogą posłużyć: Comnet III [2] firmy CACI Products, Network Resource Planing firmy Make Systems, Optimal Performance firmy Optimal Networks, PICS for Windows firmy Pantek. Pakiet COMNET III dopiero poprzez odpowiednie sparametryzowanie umożliwia modelowanie symulacyjne sieci magistral miejscowych. Przy jego pomocy można analizować sieci typu WAN, MAN, LAN. Pakiet ten pozwala modelować różnorodne topologie i struktury sieciowe (drzewiaste, magistralowe). Topologia sieci przedstawia układ (roz rozmieszczenie i rozplanowanie) oraz zasoby fizycznej sieci. Elementami topologii są węzły reprezentujące sprzęt (urządzenia komunikacyjne, urządzenia obliczeniowe), połączenia reprezentujące medium transmisyjne pomiędzy węzłami oraz porty służące do skojarzenia węzłów z połączeniami. Złożone struktury sieciowe mogą zostać zorganizowane hierarchicznie, jako niezależne struktury w postaci podsieci.

Podstawowymi elementami struktury systemu sieciowego są węzły (nodes). Węzły mogą reprezentować komputery, przełączniki, routery (specjalizowane urządzenia trasujące

decydujące o trasach przesyłania pakietów w sieciach komputerowych) a także wiele innych typów urządzeń przetwarzających i komunikacyjnych. Pakiet COMNET III pozwala na modelowanie trzech zasadniczych typów węzłów: przetwarzających, łączących oraz routerów. Węzeł przetwarzający może reprezentować komputer nadrzędny (host) a także komunikacyjne urządzenie przetwarzające dane. Każdy węzeł przetwarzający posiada wewnętrzny procesor, który może wykonywać aplikację programową oraz przetwarzać pakiety danych (wysyłanych i odbieranych). Węzeł przetwarzający posiada również dysk do zapisu danych co pozwala symulować zapis i odczyt plików.

Węzeł pracujący jako router może reprezentować mostek, przełącznik, rozgałęźnik, koncentrator sieciowy, oczywiście router a także inne urządzenia, które posiadają wewnętrzną wspólną szynę, przez którą wymieniane są pakiety informacji z buforami portów komunikacyjnych.

Węzeł pracujący jako węzeł łączący może reprezentować przełącznik, router, koncentrator sieciowy oraz inne urządzenia sieciowe charakteryzujące się pomijalnym czasem opóźnienia przekazywania pakietów pomiędzy buforami portów wejściowych i wyjściowych. Pakiety pomiędzy buforami wejściowymi a odpowiednimi buforami wyjściowymi są przekazywane z zerowym czasem opóźnienia. W węźle łączącym może zostać zamodelowany czas blokowania kiedy pakiety danych z buforów wejściowych oczekują, aż wymagany bufor wyjściowy zostanie zwolniony.

Drugim zasadniczym elementem struktury systemu sieciowego są łącza danych (links). Łącza mogą reprezentować szeroki zakres mediów transmisyjnych odpowiadających połączeniom typu każdy z każdym (point to point), LAN, WAN. Połączenia są charakteryzowane przez fizyczne parametry: szerokość pasma oraz czas propagacji. Dla COMNET III w warstwie łącza danych jednostką przesyłaną jest ramka. Pakiety zanim zostaną wysłane są podzielone na ramki. W zależności od rodzaju łącza mogą występować różne rozmiary ramek danych, różne rodzaje ramek błędów, różne narzuty. W COMNET III dostępne są różne typy połączeń odpowiadające różnym rodzajom warstw MAC (Media Access Protocol). Zasadnicze ich typy to: ALOHA, CSMA, CSMA/CD, CSMA/CA, DAMA, FDDI, Polling, Point-To-Point, Priority FDDI, Token Passing, Token Ring. W COMNET III brak jest natomiast między innymi: TDMA, dominacji bitowej, które są wykorzystywane w systemach magistral miejscowych. COMNET III posiada elastyczny model warstwy transportowej dla wielu protokołów transportowych: ATP, NCP, NCP Burst Mode/IPX - read, NCP - Burst/IPX - write, NCP/IPX - read, NCP/IPX - write, TCP/IP, NetBIOS, SNA, UDP/IP. Ich parametry są zapisane w bibliotece protokołów transportowych. Wymienione własności pozwalają na symulację działania wielu różnych systemów sieciowych i magistral miejscowych. W przypadku braku bibliotek z wbudowanymi parametrami protokołów sieciowych jest możliwe ich utworzenie poprzez dodanie odpowiednich parametrów do protokołów już istniejących.

## 5. WNIOSKI

Badania magistral metodami analitycznymi, pozwalają na sprawdzenie zachowania się magistral miejscowych w rozproszonych systemach sterujących ale tylko w pewnych skrajnych sytuacjach. Badanie takie jest niezbędne w procesie projektowania rozproszonych systemów czasu rzeczywistego w celu określenia, czy system spełni, czy nie spełni nałożonych na niego ograniczeń czasowych. Bardzo trudno jest jednak określać przepływy wiadomości i obciążenie magistrali w dowolnej chwili. Podstawą do uzyskania takich wypowiedzi magistral jest badanie projektowanych systemów za pomocą metod symulacyjnych. Jednym z lepszych pakietów programowych służącym do badania systemów sieciowych jest COMNET III umożliwiający symulację struktur sieciowych o różnych

konfiguracjach. Przydatność modelu zaproponowanego w [1] potwierdziły badania analityczne i symulacyjne.

---

Praca została wykonana w ramach grantu KBN nr 8T11A 039 14 pt: „Analiza i projektowanie systemów komputerowych czasu rzeczywistego o różnym stopniu rozproszenia”.

## LITERATURA

- [1] Drwal, „Zagadnienie podziału na podsieci w systemach rozproszonych czasu rzeczywistego”, V Konferencja Systemy Czasu Rzeczywistego, Szklarska Poręba 14 - 17 wrzesień 1998.
- [2] A quick look at COMNET III. Network Capacity and performance prediction. CACI Products Company, 1995
- [3] Controller Area Network. Hitex (UK) Ltd. 1996
- [4] <http://www.modicon.com>
- [5] INTERBUS - The Sensor/Actuator Bus. InterBus-S Club. 1996
- [6] LONWORKS Engineering Bulletins. Echelon 1995
- [7] Modelowanie i symulacja systemów rozproszonych w telekomunikacji i informatyce. Pod. Red. J. Filipiaka, G. Schwarze i J. Werewki. Skrypt AGH Nr 1191, Krakow 1990. p. 296
- [8] Syrczyński A.: Przemysłowa sieć lokalna PROFIBUS. Biuletyn PIAP, Nr 3/185, Warszawa 1996, pp. 3-41
- [9] Upender B. P., Dean A. G.: Variability of CAN Network Performance. International CAN Conference, Paris, France 1996
- [10] Vasques F., Juanole G.: Pre-Run-Time Schedulability Analysis in Fieldbus Networks. CNRS LAAS, LAAS Report 94233, 1994, p. 6
- [11] Vasques F., Juanole G.: Fieldbus MAC Mechanism for Hard Real Time Data Communication Support. CNRS LAAS, LAAS Report 93396, 1993, p. 9
- [12] Volz M: PROFIBUS. Technische Druckschrift. PROFIBUS Nutzerorganisation. Oktober 1995
- [13] 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
- [14] Werewka J., Drwal A., Żaba S.: Zastosowanie magistral miejscowych w sterowaniu maszyn i napędów elektrycznych. II KN-T nt. Zastowanie Komputerów w Elektrotechnice. Poznań/Kiekrz 1997,