

Zygmunt KUBIAK  
Politechnika Poznańska, Instytut Informatyki

## ROZPROSZONY SYSTEM STEROWANIA Z DOSTĘPEM PRZEZ INTERNET

**Streszczenie.** Referat przedstawia sprzętowy model systemu telemechaniki opracowany dla celów edukacyjnych. Istotnym elementem systemu jest stacja obiektowa wykonana w ramach prac dyplomowych. Połączenie ze stacją nadzorczą (centralną) oraz stacjami monitorującymi realizowane jest za pomocą technologii internetowych. Jedno z rozwiązań zdalnego dostępu wykorzystuje protokół HTTP. W tym przypadku do wizualizacji stanu oddalonych obiektów i sterowania przyjęto wykorzystanie typowej przeglądarki, np. Internet Explorer.

**Słowa kluczowe:** rozproszony system sterowania, Internet, serwer, klient.

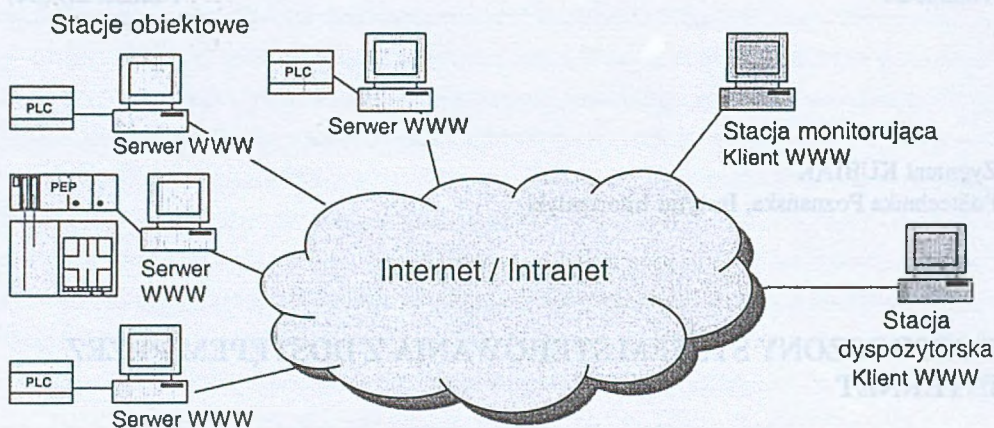
## DISTRIBUTED CONTROL SYSTEM WITH THE INTERNET ACCESS

**Summary.** In the paper the hardware model of the remote control system for educational purposes is presented. The essential element of the system is the remote station built by MSc. students as their diploma projects. The link with the central station and monitoring stations is performed using internet techniques. One of the solutions for the remote access is based on the HTTP protocol. In this case the typical internet browser, e.g. Internet Explorer, is used for controlling and visualizing the status of remote objects.

**Keywords:** distributed control system, Internet, server, client.

### 1. Koncepcja systemu

Omawiany sprzętowy model systemu nadzorowania obiektów rozproszonych został opracowany z myślą wykorzystania go w procesie dydaktycznym. Zakłada obecność wielu stacji obiektowych (bezpośrednio połączonych z nadzorowanymi obiektami), a komunikacja ze stacją dyspozytorską i stacjami monitorującymi realizowana jest poprzez inter sieć (rys. 1).



Rys. 1. Rozproszony system sterowania z dostępem przez Internet

Fig. 1. Distributed control system with the internet access

Istotnym elementem systemu jest stacja obiektowa wykonana w ramach prac dyplomowych. Jest to stacja najbardziej rozbudowana w tym systemie. Tworzą ją: modułowy sterownik PLC firmy PEP wyposażony w wejścia cyfrowe i analogowe oraz modele obiektów sterowania, np. symulator różnych skrzyżowań ulicznych ze światłami. Sterownik PEP działa pod systemem operacyjnym czasu rzeczywistego Microware OS-9. Takie rozwiązanie umożliwia programowanie sterownika zarówno w asemblerze, jak i językach wysokiego poziomu, np. C czy C++. Ponadto, możliwe jest programowanie w językach zgodnych z normą IEC 1131-3. Ta uniwersalność zwiększa możliwości dydaktyczne stanowiska. Stacja, za pomocą interfejsu RS485, dołączona jest (po konwersji na RS232) do komputera PC z zainstalowanym serwerem internetowym. Magistrala RS485 pozwala na dołączenie przewodowe kolejnych stacji. Rolę pozostałych stacji obiektowych spełniają sterowniki PLC serii FX, firmy Mitsubishi. Są one programowane wyłącznie w językach zgodnych z IEC 1131-3. Stacja dyspozytorska jest to komputer PC z zainstalowaną przeglądarką internetową. Podobna uwaga dotyczy stacji monitorującej, z tym że funkcje sterowania są w tym przypadku niedostępne.

W najprostszym przypadku system mogą tworzyć jedna stacja obiektowa i stacja dyspozytorska.

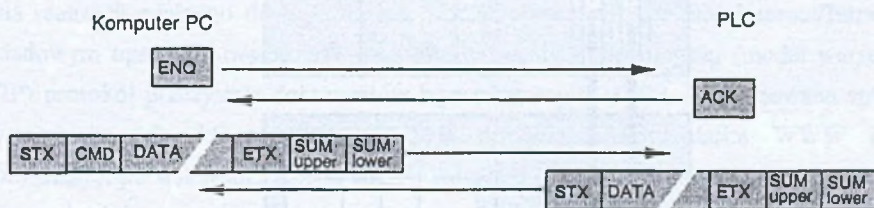
## 2. Sterownik PLC jako prosta stacja obiektowa

Sterowniki PLC są urządzeniami swobodnie programowalnymi. Składają się na to trzy ich podstawowe cechy: architektura z punktu widzenia programisty, sposób działania, języki

programowania. Dzięki temu sterowniki PLC mogą być z powodzeniem wykorzystane jako proste stacje obiektowe, a jednocześnie uniwersalne o dużych możliwościach konfiguracyjnych. Szybkość programowania zapewniają języki zgodne z normą IEC 1131-3. W wykorzystywanych w systemie sterownikach serii FX firmy Mitsubishi dostępne są języki IL, LD, FBD, ST oraz SFC.

Pamięć sterowników jest podzielona na kilka obszarów. Zawierają one takie informacje, jak aktualny stan układów funkcjonalnych, obraz wejść/wyjść bądź sekwencja programu sterownika. Dostęp do tych obszarów możliwy jest poprzez interfejs programatora RS-422. Transmisja dokonywana jest w 7-bitowym, znakowym kodzie ASCII. Komputer PC po wysłaniu zapytania *ENQ* (ang. ENquiry) oczekuje na odpowiedź *ACK* (ang. ACKnowledge). Następnie wysyła ramkę sterującą, która obok danych zawiera kod instrukcji *CMD* (ang. CoMmand). Sterownik PLC powinien przesłać żadaną odpowiedź. Ramka nadawana i odpowiedzi zawierają kody sterujące *STX* (ang. Start of TeXt) i *ETX* (ang. End of TeXt). Zabezpieczenie ramek stanowi jednobajtowa suma kontrolna. W przypadku błędów transmisji do PLC sterownik wysyła odpowiedź *NAK* (ang. Not AcKnowledge). Standardowo, przy negatywnej odpowiedzi trzykrotnie podejmowana jest próba wysłania znaku *ENQ* przez PC przed ostatecznym zaniechaniem komunikacji. Między kolejnymi znakami *ENQ* wymagana jest przerwa 5s. Dla sterowników FX przewidziano 12 instrukcji. Najważniejsze to: '0' – odczyt n-bajtów danych (max 64) ze sterownika, '1' – zapis n-bajtów danych (max 64) sterownika, '2' – zapis n-bajtów danych (max 64) do sterownika, '7' – ustawianie bitu w sterowniku, '8' – zerowanie bitu w sterowniku.

Połączenie sterownika z komputerem PC (przez interfejs RS232) wymaga zastosowania konwertera standardu RS422 na RS232. Zasady komunikacji między komputerem PC a PLC przedstawiono na rys. 2.



Rys. 2. Komunikacja między PC a PLC

Fig. 2. Communication between PC and PLC

W celu uproszczenia programowania komunikacji PC  $\leftrightarrow$  PLC został opracowany komponent dla C++Buildera. Udostępnia on metody, za pomocą których pozyskiwanie i wymuszanie wartości układów funkcjonalnych sterownika realizowane jest poprzez ich nazwy a nie adresy rzeczywiste, co ułatwia programowanie.

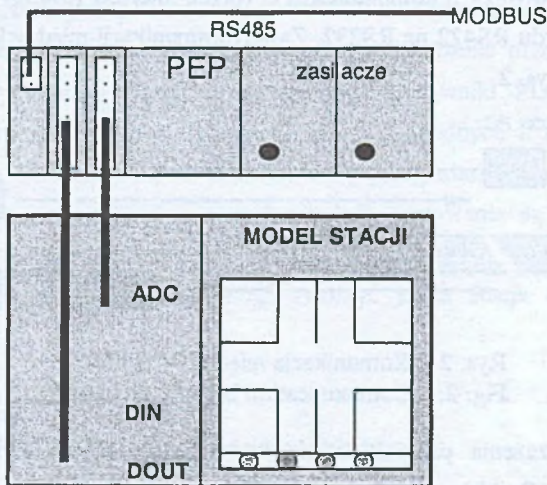
### 3. Sprzętowy model stacji obiektowej ze sterownikiem PEP

Model stacji zawiera kasetę sterownika PEP, listwy łączeniowe z zaciskami oraz model obiektu sterowania (rys. 3). Sterownik wyposażony jest w dwa zasilacze, kartę procesora oraz w karty z modułami wejść (20 wejść z optoizolacją), wyjść cyfrowych (16 wyjść z optoizolacją) i 8-kanałowego 10-bitowego przetwornika analogowo-cyfrowego. Styki tych układów wyprowadzone są na listwy łączeniowe. Model obiektu przygotowany jest do realizacji funkcji różnych skrzyżowań ze światłami (12 diod świecących i 5 przełączników). Papierowe szablony ze schematami skrzyżowań nakładane są na pole diod. Zastosowany sterownik serii IUC (ang. Intelligent Universal Controller) wyposażony jest w procesor Motorola 68302. Oprogramowanie użytkownika oraz wielozadaniowy system operacyjny czasu rzeczywistego Microware OS-9 zapisane są w pamięci EPROM, co umożliwia automatyczny start sterownika po włączeniu zasilania.

Program realizuje dwa podstawowe zadania:

- odczyt stanu wejść, wyjść i wielokanałowego przetwornika A/C oraz sterowanie wyjściami (moduł *IO*),
- wymianę danych z koncentratorem stacji przewodowych (moduł *COM*).

Komunikacja realizowana jest przy pomocy protokołu MODBUS (tu: został trochę zmodyfikowany – rozszerzony nagłówek) z prędkością 38400 b/s, co oznacza, że czas pełnej obsługi stacji wynosi około 30 ms. Stacje dołączone do wspólnej magistrali (magistrala przewodowa RS485) stanowią węzły Slave sieci miejscowej MODBUS.



Rys. 3. Stacja obiektowa ze sterownikiem PEP

Fig. 3. Object station with PEP Controller

Zarządzanie tą siecią realizuje program *Koncentrator* zainstalowany na komputerze PC (węzeł Master). Na rys. 4 przedstawiono strukturę ramki nadawanej przez węzeł Master. Program ten cyklicznie odczytuje stany stacji obiektowych i rezultaty umieszcza w pliku *stan#.bin*. Plik *steruj#.bin* zawiera natomiast informacje sterujące. Znak # w nazwie plików oznacza numer węzła sieci. Pliki *stan#.bin* i *steruj#.bin* umieszczone są w domyślnym katalogu „C:\Temp”. Mają one strukturę binarną. W przypadku omawianej stacji telemechaniki plik *stan#.bin* zawiera 10 liczb 16-bitowych. Dwie pierwsze są to zakodowane binarnie sygnały cyfrowe DOUT i DIN, a kolejnych 8 to sygnały analogowe ADC. Plik *steruj#.bin* zawiera 2 liczby 16-bitowe. Jedna to zakodowane binarnie sygnały DOUTSet, a druga DOUTReset.

Numer bajtu	Zawartość	Opis
1	Znak ASCII 'M'	Nagłówek identyfikujący telegram ze stacji Master
2	Znak ASCII 'J'	
3	14	Rozmiar telegramu
4	#	Numer stacji, odbierającej telegram
5,6	Rozkazy dla stacji Slave: 8 bajtów	Rozkaz
7,8		Parametr
9,10		Zakodowane numery wyjść do ustawienia
11,12		Zakodowane numery wyjść do skasowania
13,14	CRC=16 bitów	Suma kontrolna CRC

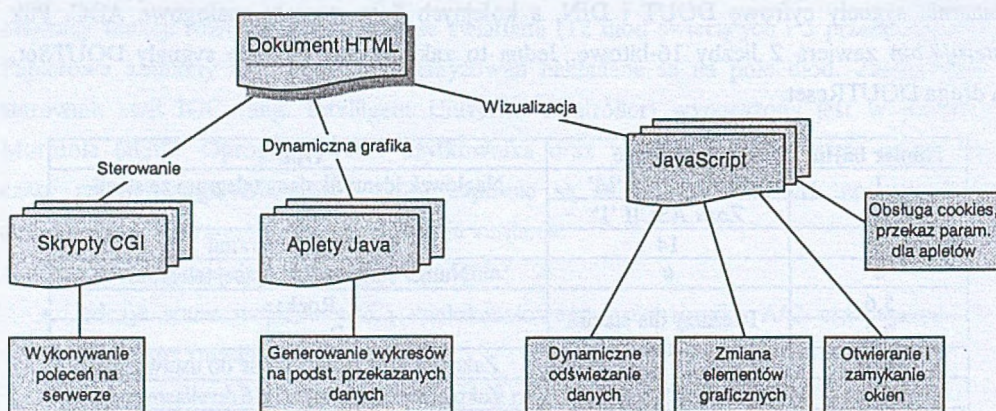
Rys. 4. Struktura ramki nadawanej przez stację Master

Fig. 4. Structure of the frame transmitted by Master station

#### 4. Realizacja zdalnego dostępu do stacji obiektowych

Dla realizacji zdalnego dostępu do stacji obiektowych poprzez sieć Internet/Intranet w przykładowym oprogramowaniu wykorzystano w warstwie aplikacyjnej (model warstwowy TCP/IP) protokół przesyłania dokumentów hipertekstowych HTTP. Przygotowana aplikacja korzysta z modelu klient-serwer. W tym przypadku przeglądarka WWW (stacja dyspozytorska), po wskazaniu adresu URL dokumentu (strona WWW), łączy się jako klient z serwerem działającym na wskazanym przez ten adres komputerze stacji obiektowej. Na komputerze, do którego dołączony jest sterownik PLC typu FX lub sterownik PEP, musi być uruchomiony serwer WWW. Może to być jeden z dostępnych serwerów darmowych, np. najbardziej popularny serwer Apache. W zrealizowanym projekcie wykorzystano serwer WWW firmy Sambar Technologies. Na komputerze stacji dyspozytorskiej jako interfejsu użytkownika można użyć zwykłej przeglądarki, np. Internet Explorer. Językiem opisu struktury dokumentów hipertekstowych jest HTML. W stacji dyspozytorskiej systemu

telemechaniki musimy mieć możliwość wizualizowania nadzorowanego procesu z jednoczesnym odświeżaniem danych procesowych, a także sterowania. Te wymagania przekraczają możliwości dokumentu HTML, który udostępnia jedynie dokumenty statyczne wzbogacone grafiką. Aby to zmienić i spełnić w rezultacie w stacji dyspozytorskiej zadania oprogramowania typu SCADA, trzeba uzupełnić dokument o funkcje JavaScript, applety Javy i skrypty CGI. Każdy z tych elementów odgrywa istotną rolę w oprogramowaniu klienta. Powiązanie między tymi elementami i dokumentem HTML przedstawiono na rys. 5.



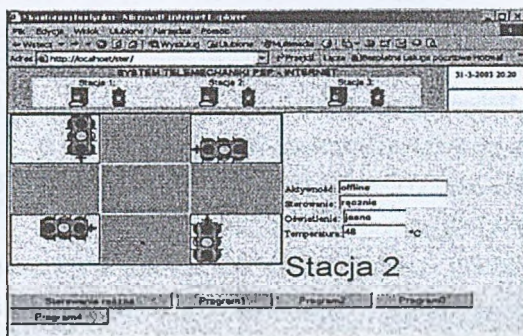
Rys. 5. Elementy aktywne strony HTML

Fig. 5. Active elements of HTML page

Dla wizualizacji procesu każdej stacji obiektowej przyporządkowano dwa ekrany: ekran techniczny i ekran procesu. Każdy z tych ekranów zawiera wspólne okno wyboru typu ekranu z dostępnych w systemie stacji obiektowych (dokument *Strona\_1.html*). Ekran techniczny (dokument *Strona\_xb.html*, gdzie *x* – numer stacji) prezentuje stan wszystkich urządzeń stacji. Zawiera tablicę monitorującą stan przetworników ADC oraz przyciski – ikony wywołujące okna trendów odpowiednich pomiarów. Zdefiniowane są cztery pierwsze pomiary, tzn. stan napięć na stacji: +5V, +24V, stopień oświetlenia i wartość temperatury. Kolejne kolumny tabeli wyświetlają aktualny stany wejść DIN i wyjść DOUT. Dwie ostatnie zawierają przyciski umożliwiające sterowanie wyjściami: kolumna SET i RESET. Druga tabela pozwala sterować parametrami pracy stacji (numer stacji i jej stan) i jednocześnie wyświetla je.

Ekran modelu (rys. 6, obraz skrzyżowania - dokument *Strona\_xa.html*) wizualizuje stan poszczególnych świateł i pozwala zmieniać skrypty sterujące. Sterowanie odbywa się na zasadzie zdarzeń, np. (fragment ze *Strona\_2a.html*):

```
<input type="button" name="3" value=" Program3 " onclick="javascript:conf('../cgi-win/ster.exe?2?0?0?8?3');">
```



Rys. 6. Ekran reprezentujący stację obiektową  
Fig. 6. Screen representing object station

Ta linia oznacza, że po kliknięciu zdefiniowanego w dokumencie przycisku, opisanego jako „Program3”, zostanie wywołana funkcja `conf()` (JavaScript *script\_dol.js*) z określonym parametrem. Pliki zawierające JavaScript są odrębnymi zbiorami procedur, nie zostały one dołączone do definicji stron, ponieważ występują na wielu stronach. Funkcja `conf()` z kolei zawiera procedurę wyświetlenia okna z pytaniem, czy na pewno należy kontynuować. W zależności od odpowiedzi wykonywane jest sterowanie lub nie. Skrypt CGI *ster.exe* przekazuje polecenia z dokumentu do *koncentratora*. Parametry w przytoczonym przykładzie oznaczają, że na stacji 2 ma zostać uruchomiony program automatycznego sterowania ze skryptu *script3.txt*.

## 5. Zakończenie

System opisany skrótowo ze względu na objętość referatu pozwala na realizację szerokiego zakresu zadań dydaktycznych związanych z programowaniem, w szczególności systemów rozproszonych. Stacja telemechaniki ze sterownikiem PEP zawiera elementy charakterystyczne dla rzeczywistych rozwiązań przemysłowych. Może być łatwo dostosowana do innych sprzętowych obiektów sterowania, np. instalacja alarmowa czy klimatyzacja. Podobne uwagi dotyczą stacji ze sterownikami FX. Przedstawiona w przykładzie metoda zdalnego dostępu wykorzystująca protokół przesyłania dokumentów hipertekstowych HTTP pozwala na łatwą modyfikację ekranów (stron WWW) służących do wizualizacji procesu i realizacji sterowania. Wadą takiego rozwiązania jest między innymi niepełna standaryzacja takich języków, jak HTML czy JavaScript, co powoduje, że wygląd tej samej strony w zależności od użytej przeglądarki nie jest identyczny. W ramach zajęć projektowych realizowane były też inne metody zdalnego dostępu, np. na bazie protokołu FTP.

## LITERATURA

1. Colburn R.: CGI. Helion, Gliwice 1998.
2. Comer D.: Sieci komputerowe i intersecei. WNT, Warszawa 2000.
3. Hollingworth J., Butterfield D., Swart B., Allsop J.: C++Builder5 Vademecum profesjonalisty. Tom I i II, Helion, Gliwice 2001.
4. Jaworski M., Skibiński R.: Edukacyjny system telemechaniki z wykorzystaniem narzędzi internetowych. Praca dyplomowa magisterska, Politechnika Poznańska, Poznań 2000.
5. Romowicz W.: HTML i JavaScript. Helion, Gliwice 1998.
6. Sopala A.: Pisanie programów internetowych. Mikom, Warszawa 2000.

Recenzent: Dr inż. Rafał Cupek

Wpłynęło do Redakcji 7 kwietnia 2003 r.

## Abstract

In the paper the hardware model of the remote control system for educational purposes is presented. The essential element of the system is the remote station built by MSc. students as their diploma projects. This is the most complex module in the system, composed with the modular PLC controller from PEP company, equipped with digital and analog outputs and models of controlled objects, e.g. simulator of various street junctions with traffic lights. PEP controller runs under the Microware OS real-time operating system. Such a solution enables programming in both assembler and high level languages as C or C++. Programming according to the IEC 1131-3 standard is also possible. This universality increases didactic capabilities of the stand. Using the RS485 interface the station is connected to the PC with the internet server installed. RS485 bus enables several stations to be wire-connected to the PC. The link with the central station and monitoring stations is performed using internet techniques. One of the solutions for the remote access is based on the HTTP protocol. In this case the typical internet browser, e.g. Internet Explorer, is used for controlling and visualizing the status of remote objects.

## Adres

Zygmunt KUBIAK: Politechnika Poznańska, Instytut Informatyki, ul. Piotrowo 3a,  
60-965 Poznań, Polska, [zkubiak@put.poznan.pl](mailto:zkubiak@put.poznan.pl) .