

Emil MICHTA, Robert SZULIM

Uniwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej

WBUDOWANE SERWERY WWW

Streszczenie. W artykule przedstawiono strukturę i stos protokołowy wbudowanych serwerów WWW. Opisano budowę, działanie i efektywność systemu plikowego wbudowanego serwera WWW bazującego na 8-bitowym procesorze ATmega 103 o architekturze RISC. Przedstawiono sposób konfigurowania parametrów protokołu TCP/IP, modyfikacji oprogramowania wbudowanego serwera WWW, sposób ładowania stron WWW oraz przykładowe strony WWW do realizacji funkcji zdalnego monitorowania szaf kablowych w sieciach komputerowych.

EMBEDDED WWW SERVERS

Summary. In the paper, structure and protocol stack of Embedded WWW Servers are presented. Components, functioning and file system performance of embedded WWW server based on RISC architecture ATmega 103 processor are described. Way of Embedded WWW Server software modification, way of TCP/IP protocol parameters setting, way of WWW pages loading and example WWW pages to remote monitoring of computer networks wiring closets are presented.

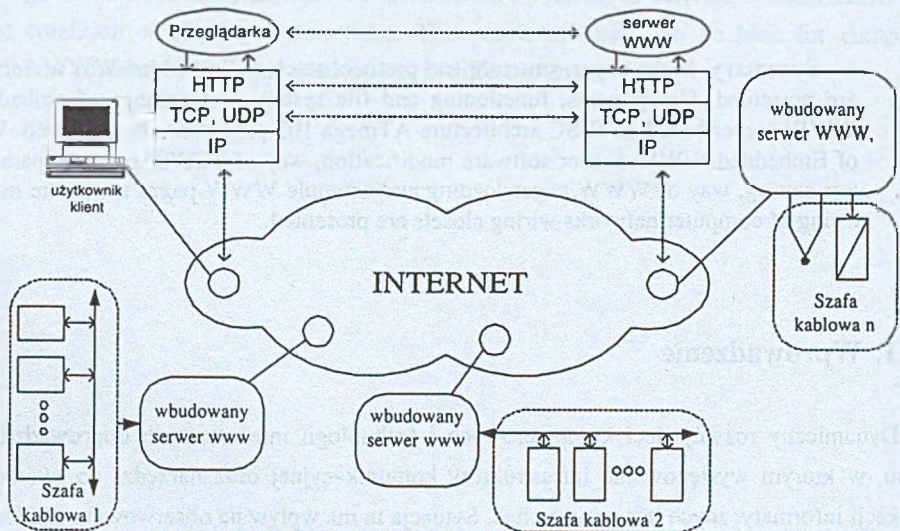
1. Wprowadzenie

Dynamiczny rozwój sieci komputerowych i technologii internetowych doprowadził do stanu, w którym występowanie infrastruktury komunikacyjnej oraz narzędzi do tworzenia aplikacji informatycznych jest powszechne. Sytuacja ta ma wpływ na obserwowane tendencje wprowadzania tych technologii do inteligentnych urządzeń pomiarowych, sterujących i systemów pomiarowo-sterujących wykorzystywanych do zdalnego sterowania, diagnozowania, konfigurowania i monitorowania pracujących z wykorzystaniem przeglądarek internetowych jako standardowy interfejs użytkownika oraz wbudowanych serwerów WWW pracujących po

stronie obiektów [1,2,3,8,9,11]. Spośród wielu potencjalnych możliwości zastosowań takich systemów w artykule przedstawiono rozwiązanie do zdalnego monitorowania szaf kablowych uczelnianej sieci komputerowej UZ.

2. Serwery WWW w systemach zdalnego monitorowania

Internetowy system zdalnego monitorowania to system, który tworzą trzy podstawowe elementy: system komunikacyjny ze stosem protokołowym TCP/IP, serwer WWW, do którego bezpośrednio lub za pośrednictwem sieci przemysłowej podłączone są czujniki i elementy wykonawcze oraz stacje klienckie z przeglądarkami internetowymi, przy użyciu których użytkownik uzyskuje dostęp do danych pomiarowych i ma możliwość oddziaływania na obiekt. Ze względu na sposób wykonania (mikroprocesory 8- i 16-bitowe) [11] i ograniczone możliwości serwerów WWW stosowanych w internetowych systemach pomiarowo-sterujących określane są one jako wbudowane nano- lub piko-serwery WWW. W systemach tych informacje pomiarowe i sterujące pomiędzy serwerem WWW a użytkownikiem przesyłane są postaci tekstowych stron WWW napisanych w języku znacznikowym HTML. Na rys. 1 przedstawiono strukturę przykładowego systemu pomiarowo-sterującego przeznaczonego do zdalnego monitorowania szaf kablowych sieci komputerowych.



Rys. 1. Struktura systemu pomiarowo-sterującego z serwerami WWW

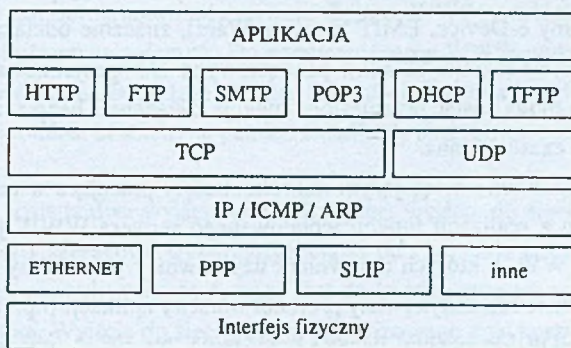
Fig. 1. The structure of measurement control system with embedded WWW servers

Zakres zastosowań internetowych systemów pomiarowo-sterujących może być bardzo szeroki. Zdalne pomiary, diagnostyka, konfigurowanie, załączanie wykonywane z poziomu przeglądarki internetowej standaryzują interfejs użytkownika i znacznie upraszczają dostęp do zasobów wbudowanego serwera WWW. Wykorzystywanie w środowisku systemów pomiarowo-sterujących sprawdzonych i wykorzystywanych w środowisku informatycznym standardowych protokołów komunikacyjnych oraz internetowych technologii informatycznych znacznie ułatwia integrację urządzeń pochodzących od różnych dostawców oraz integrację z systemem informacyjnym firmy. Przewiduje się, że liczba urządzeń wbudowanych z wyjściem do sieci Internet będzie znacznie szybciej przyrastała niż obserwowany od 1995 r. przyrost stacji roboczych [4,11].

Internetowe systemy pomiarowo-sterujące mają wiele atrakcyjnych zalet, jednak ich stosowanie wymaga bardzo starannego rozwiązania, przede wszystkim zagadnień bezpieczeństwa [3,4,10]. Ponadto w takich systemach trudne jest dotrzymanie wygórowanych warunków czasu rzeczywistego [5,7]. Zagadnienia te nie będą w artykule poruszane.

3. Wbudowane serwery WWW

Wbudowany serwer WWW jest najważniejszym elementem internetowego systemu pomiarowo-sterującego. Część sprzętowa serwera bazuje na mikrokontrolerach jednokładowych 8- lub 16-bitowych, sterownikach do sieci Ethernet 10Base-T lub do sieci telefonicznej, zewnętrznej szeregowej pamięci DataFlash o pojemności od 128kB do 1MB oraz układach we/wy do sprzężenia z obiektem. Serwer WWW realizuje wiele funkcji programowych, wśród których należy wymienić: otwarty stos protokołowy TCP/IP, oprogramowanie serwera WWW oraz oprogramowanie aplikacyjne. Strukturę stosu TCP/IP będącego zestawem kilku protokołów komunikacyjnych pracujących na różnych poziomach przedstawiono na rys. 2.

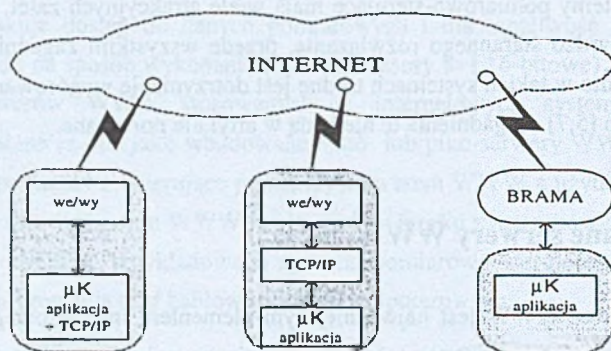


Rys. 2. Struktura stosu protokołowego TCP/IP

Fig. 2. The structure of a TCP/IP protocol stack

Ze względu na ograniczenia sprzętowe, wbudowane serwery WWW realizują jedynie niezbędne funkcje stosu TCP/IP. Serwer WWW identyfikowany jest przez unikalny adres IP lub nazwę domenową. W zależności od sposobu implementacji stosu TCP/IP, wbudowane serwery WWW mogą być wykonane w następujących wariantach (rys. 3):

- Stos TCP/IP i oprogramowanie aplikacyjne wykonywane są przez ten sam mikrokontroler,
- Stos TCP/IP wykonywany jest przez specjalizowany układ, który połączony jest mikrokontrolerem serwera WWW,
- Stos TCP/IP wykonywany jest w bramie, która połączona jest z mikrokontrolerem aplikacji portem szeregowym.

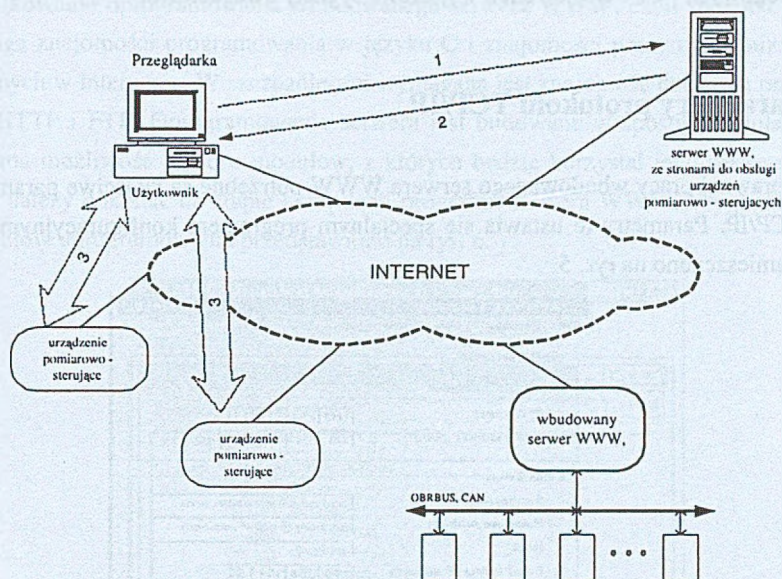


Rys. 3. Przykładowe struktury wbudowanych serwerów WWW
Fig. 3. Example structures of embedded WWW servers

W pierwszym wariantcie duże wymagania stawiane są mikrokontrolerom, ponieważ obsługa stosu TCP/IP jest absorbująca i mikrokontrolerom pozostaje niewiele czasu na wykonywanie aplikacji. Budowa serwera WWW z wykorzystaniem specjalizowanych układów (np.: S-7600AS firmy Seiko Instruments) lub dedykowanych bram (np.: iChip firmy Connect One, SmartStack firmy e-Device, EMIT firmy emWare), znacznie odciąża mikrokontroler i zmniejsza wymagania na rozmiar układów pamięciowych. Do specjalizowanych układów lub dedykowanych bram mogą zostać przeniesione funkcje związane z bezpieczeństwem, których obsługa jest również czasochłonna.

Kolejnym rozwiązaniem odciążającym mikrokontrolery pracujące w urządzeniach podłączonych do Internetu z realizacji funkcji wbudowanego serwera WWW jest wykorzystanie dużych serwerów WWW, z których uprawnieni użytkownicy pobieraliby strony WWW zawierające požądane dane lub dedykowany protokół warstwy aplikacji (np.: MCUDP ang. Measurement Control UDP) do obsługi danego urządzenia. Na rys. 4 przedstawiono strukturę systemu, w której występują podstawowe elementy diskutowanego rozwiązania i pokazane

są kolejne fazy sesji użytkownika z dużym serwerem WWW (faza 1 i 2) oraz fazy wymiany informacji z danym urządzeniem pomiarowo–sterującym (faza 3).



Rys. 4. Obsługa urządzeń z wykorzystaniem klasycznego serwera WWW
Fig. 4. Service of devices by means of classical WWW server

4. Część sprzętowa wbudowanego serwera WWW

Wykorzystany do budowy wbudowanego serwera WWW 8-bitowy procesor ATmega 103 o architekturze typu RISC posiada 128K bajtów wewnętrznej programowalnej pamięci Flash, w której pamiętane jest oprogramowanie serwera. Serwer WWW zawiera 32KB zewnętrznej pamięci SRAM do buforowania danych. Do pamiętania stron WWW wykorzystywana jest 2–Mbitowa pamięć zewnętrzna DataFlash. Pamięć SRAM podłączona jest do szyny adresowej i do szyny danych, natomiast zewnętrzna pamięć DataFlash obsługiwana jest poprzez port szeregowy SPI.

Serwer WWW posiada dwa wyjścia komunikacyjne: wyjście do sieci Ethernet oraz dwa porty szeregowy. Porty szeregowy wykorzystywane są do tworzenia połączeń SLIP lub PPP. Jeden z portów szeregowych wykorzystywany jest do konfigurowania serwera WWW z wewnętrznego komputera. Wyjście do sieci Ethernet zrealizowano z wykorzystaniem układu CS 8900A z wewnętrzną 4K–bajtową pamięcią, który zaprogramowano do pracy w trybie 8–bitowym. Obsługa sterowników komunikacyjnych realizowana jest z wykorzystaniem prze-

rwań. Wykorzystany do budowy serwera WWW procesor posiada 8 wejść analogowych oraz 24 we/wy binarne, zatem bezpośrednio do serwera WWW można podłączyć 8 wejść z urządzeń analogowych i 24 wejściowe lub wyjściowe sygnały dwustanowe.

5. Parametry protokołu TCP/IP

Do poprawnej pracy wbudowanego serwera WWW potrzebne są właściwe parametry protokołu TCP/IP. Parametry te ustawia się specjalnym programem konfiguracyjnym, którego wygląd zamieszczono na rys. 5.

AVR EIT Terminal

File Settings Tools View Help...

WEB Server Setup

DHCP enable

IP Address: 169 | 254 | 111 | 111

MAC Address (Hex): 00 | 04 | 20 | FF | 00 | 10

Email Setup

Sender Address: anybody@anywhere.com

Receiver Address: anybody@anywhere.com

Host: anyhost

Email server IP address: 169 | 254 | 111 | 96

FTP Setup

FTP Enable

User Name: jane

Password: jane

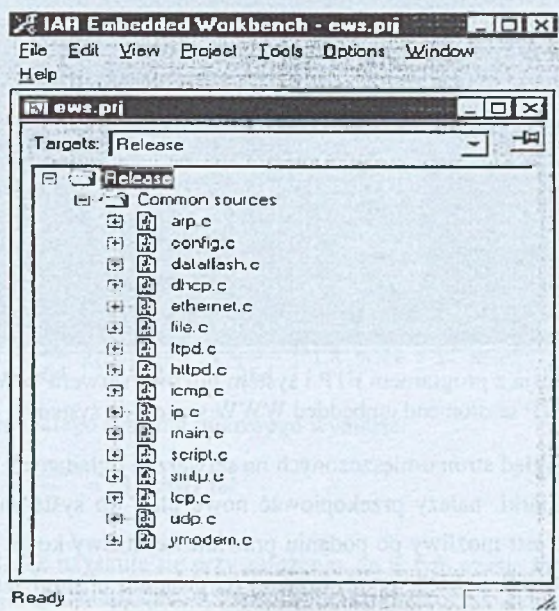
Write

Rys. 5. Strona konfiguracyjna wbudowanego serwera WWW
Fig. 5. Embedded WWW server configuration page

Najważniejszy parametr to adres IP. Może on być ustawiony statycznie dla serwera lub może być odczytywany dynamicznie z serwera DHCP. Serwer nie ma stałego numeru MAC. Można go zmienić i wprowadzić różne wartości. Jeśli w oprogramowaniu serwera wykorzystane będą funkcje obsługi poczty elektronicznej, to należy skonfigurować ustawienia dotyczące konfiguracji części pocztowej jak: adres nadawcy i odbiorcy, adres serwera pocztowego. Serwer może również pracować z protokołem FTP. Aby to było możliwe, należy włączyć jego obsługę i ustawić nazwę użytkownika i hasło dostępu do serwera.

6. Modyfikacja oprogramowania wbudowanego serwera WWW

Modyfikowanie oprogramowania wbudowanego serwera WWW, czyli sposobu jego pracy, wymaga znajomości programowania w języku C i znajomości pracy mechanizmów wymiany danych w Internecie. W szczególności wymagana jest znajomość działania protokołów TCP/IP, HTTP i FTP. Oprogramowanie serwera jest budowane w sposób modularny. Programista ma możliwość wyboru modułów, z których będzie korzystał jego serwer. Wyboru modułów należy dokonać na etapie kompilacji programu serwera WWW. Wygląd okna wyboru modułów oprogramowania przedstawiono na rys. 6.



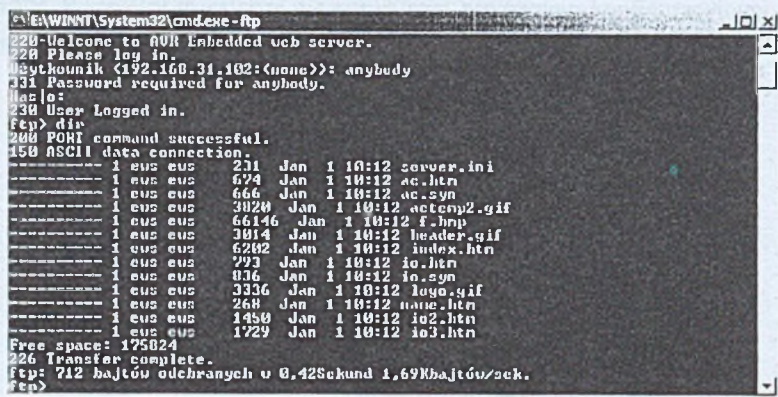
Rys. 6. Zestaw modułów oprogramowania wbudowanego serwera WWW

Fig. 6. The set of embedded WWW server software modules

Sposób działania serwera zdeterminowany jest przez wybór modułów dokonany przez programistę. Domyślnie ładowane są wszystkie wymienione powyżej moduły obsługi różnych protokołów. Ale jeśli programista stwierdzi, że nie potrzebuje obsługi poczty elektronicznej, to może zrezygnować z jej obsługi i wyłączyć moduły za nią odpowiedzialne. Wtedy kod skompilowanego programu obsługi serwera będzie mniejszy.

7. Ładowanie stron do serwera WWW

Serwer WWW przechowuje strony w postaci plików tekstowych w formacie html. Mogą to także być pliki graficzne w dowolnych formatach lub aplety java. Przechowywane one są w pamięci flash serwera w systemie plikowym, który jest utworzony programowo i przypomina system plikowy FAT z komputera PC. Dostęp do tego systemu jest możliwy poprzez FTP. Na rys. 7 przedstawiono sesję z programem FTP i wygląd systemu plikowego na wbudowanym serwerze WWW.



```

c:\EAW\NT\System32\cmd.exe - ftp
220-Welcome to AVR Embedded web server.
220 Please log in.
kayhounik <192.168.31.102:(none)>: anybody
331 Password required for anybody.
kay:
230 User Logged in.
ftp> dir
200 PORT command successful.
150 ASCII data connection.
-----
 1 eus eus      231  Jan  1 10:12  server.ini
 1 eus eus      674  Jan  1 10:12  ac.htm
 1 eus eus      666  Jan  1 10:12  ac.syn
 1 eus eus     3020  Jan  1 10:12  actemp2.gif
 1 eus eus     66146 Jan  1 10:12  f.htm
 1 eus eus     3014  Jan  1 10:12  header.gif
 1 eus eus     6202  Jan  1 10:12  index.htm
 1 eus eus      773  Jan  1 10:12  io.htm
 1 eus eus      836  Jan  1 10:12  io.syn
 1 eus eus     3336  Jan  1 10:12  logo.gif
 1 eus eus      268  Jan  1 10:12  name.htm
 1 eus eus     1450  Jan  1 10:12  io2.htm
 1 eus eus     1729  Jan  1 10:12  io3.htm
Free space: 175824
226 Transfer complete.
ftp: 712 bajtów odczytanych w 0,42Sekund 1,69Kbajtów/sek.
ftp>
  
```

Rys. 7. Sesja z programem FTP i system plikowy serwera WWW

Fig. 7. FTP session and embedded WWW server file system

Aby zmienić wygląd stron umieszczonych na serwerze i oglądanych przez użytkowników sieci przez przeglądarki, należy przekopiować nowe pliki do systemu plikowego serwera. Oczywiście, dostęp jest możliwy po podaniu prawidłowej nazwy konta i hasła użytkownika. Serwer posiada 128 KB pamięci przeznaczonej na program obsługi serwera, który zajmuje domyślnie ok. 30 KB i system plikowy, w którym umieszczone są pliki html. Możliwe jest rozszerzenie wielkości pamięci do 2 MB.

8. Wydajność systemu plikowego wbudowanego serwera WWW

System plikowy omawianego wbudowanego serwera WWW obsługuje 8-znakowe nazwy z trzyznakowym rozszerzeniem i zarządza stronami WWW oraz plikami konfiguracyjnymi przechowywanymi w zewnętrznej pamięci Flash. Ze względu na rzadką potrzebę ich modyfikacji znacznie istotniejsza jest efektywność realizacji operacji odczytu. Ponadto należy mieć na uwadze skończoną liczbę zapisów do pamięci Flash, wynoszącą 10000 cykli zapisu. Operacja odczytu pliku uruchamia menedżera plików, który rozpoczyna linowe przeszukiwanie

rozpoczynając od pierwszego pliku. Przy N plikach średnia liczba dostępu do plików wynosi $l_u = N/2$. Liczba bloków, z których zbudowany jest każdy plik, wraz z nagłówkiem pliku wynosi:

$$l_b = 1 + \left\lceil \frac{F_{size}}{B_{size}} \right\rceil = 1 + \frac{F_{size}}{264} \quad (1)$$

Pliki przechowywane są w zewnętrznej pamięci Flash obsługiwanej poprzez port szeregowy SPI procesora. Port ten taktowany jest z częstotliwością czterokrotnie niższą od częstotliwości, z jaką pracuje procesor ATmega 103. W zrealizowanej aplikacji częstotliwość zegara procesora ATmega 103 wynosi 4.608 MHz. Podczas jednego cyklu zegarowego przesyłany jest jeden bit, zatem łącze szeregowe pracuje z prędkością 1.152 Mbit/sek. Przy tej prędkości transmisji czas odczytu jednego bloku T_b o długości 264 bajtów wynosi około 1.8 msek. Średni czas odczytu pliku można wyliczyć z następującej zależności:

$$T_p = (l_u + l_b)T_b = \left(\frac{N}{2} + 1 + \frac{F_{size}}{264} \right) T_b \quad (2)$$

Przy założeniu, że przeciętny rozmiar odczytywanych plików wyniesie 5 kB i pamiętanych będzie 20 plików, to średni czas odczytu pliku wyniesie:

$$T_p = \left(\frac{N}{2} + 1 + \frac{F_{size}}{264} \right) T_b = \left(\frac{20}{2} + 1 + \frac{5000}{264} \right) * 1.8 \text{ msek} = 54 \text{ msek} \quad (3)$$

Zatem przepustowość takiego systemu plikowego wyniesie:

$$X = \frac{V_w}{F_{size}} = \frac{115.2.k}{5kB} \approx 23 \text{ pliki / sek} \quad (4)$$

Obliczoną wydajność uzyskuje się przy założeniu, że w tym czasie mikrokontroler nie realizował innych zadań, np. związanych z obsługą portów szeregowych oraz we/wy binarnych lub analogowych.

9. Bezpieczeństwo wbudowanego serwera WWW

Zagadnienie bezpieczeństwa jest jednym z kluczowych zagadnień, które należy rozwiązać wówczas, kiedy jakiegokolwiek urządzenia podłączane są do sieci Internet. Ważność tych zagadnień zależy od rodzaju funkcji wykonywanych przez dane urządzenie i od rodzaju informacji, która jest w nich przechowywana.

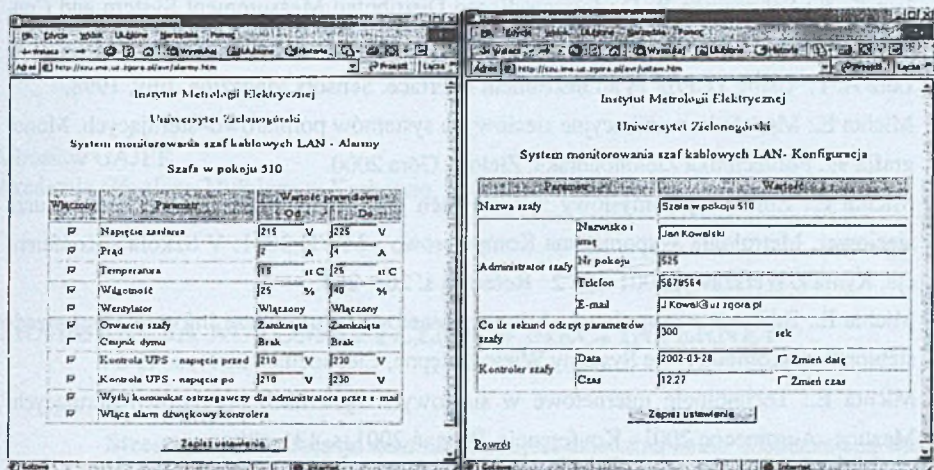
Stosowanie starszych, prostszych wersji protokołów komunikacyjnych nie posiadających żadnych technik zabezpieczających jest podstawowym źródłem zagrożeń i stanowi duże uła-

twienie dla potencjalnych hackerów. Protokoły warstwy aplikacji Tenet, FTP i HTTP podczas autentyzacji przesyłają nazwę użytkownika i hasło w sposób niezakodowany. Ze względu na ograniczone zasoby, w zbudowanym serwerze WWW zagadnienia bezpieczeństwa nie zostały uwzględnione w sposób szczególny. Przyjęto, że w razie potrzeby istnieje wiele rozwiązań funkcjonujących poza serwerem, pozwalających na zabezpieczenie się przed nieautoryzowanym dostępem do zasobów serwera. Najprostszym sposobem zabezpieczenia się przed nieautoryzowanym dostępem jest udostępnienie aplikacji powyżej TCP/IP jedynie użytkownikowi o danym adresie IP. Można to osiągnąć poprzez podanie adresu IP wówczas, kiedy serwer rozpoczyna obsługę portu np.: TCPpopen (21, 192.168.31.55). Każde odwołanie do portu 21 od użytkownika innego niż 192.168.31.55 zostanie odrzucone. Rozwiązanie to nie szyfruje przesyłanej informacji, zatem nie jest ono w pełni bezpieczne. Istnieje możliwość przechwycenia zarówno adresu IP, jak i przesyłanych danych. Przechwycenie adresu IP pozwala na dostęp do zasobów serwera WWW z innego miejsca, blokując ten adres dla właściwego użytkownika, który w sieci DHCP otrzyma inny adres IP uniemożliwiający mu dostęp do serwera WWW. Stosowanie szyfrowania informacji wymaga stosowania odpowiednich algorytmów, np. SSL.

Wbudowane serwery WWW nie są w stanie obsługiwać zbyt wielu użytkowników jednocześnie, zatem w łatwy sposób można takie serwery zablokować poprzez ataki typu DoS (ang. Denial of Service). Najlepszym sposobem uniknięcia takiej sytuacji jest ograniczenie liczby użytkowników pracujących w tej samej sieci, w której pracuje wbudowany serwer WWW. Jeżeli jest to niemożliwe do zrealizowania, to należy pomiędzy serwerem WWW a użytkownikami zewnętrznymi zastosować np.: zapórę ogniową lub serwer proxy.

10. Przykładowe strony serwera WWW

Przykładowe strony dostępne na przeglądarkach przedstawiono na rys. 8. Strony umieszczone na serwerze mogą być statyczne i dynamiczne. Statyczne, to takie, które nie odwołują się do parametrów sprzętowych serwera, np. do dołączonych urządzeń. Strony dynamiczne mogą odczytywać i sterować parametrami urządzeń dołączonych do serwera. Prezentowany w artykule serwer posiada wbudowany 8-kanalowy 10-bitowy przetwornik A/C. Możliwe jest odczytywanie parametrów tego przetwornika w sposób programowy i prezentowanie wyników na stronach WWW. Można także odwoływać się do innych urządzeń poprzez dwa porty RS-232. Strona, która dynamicznie odczytuje lub ustawia parametry, składa się z dwóch części: z podprogramu obsługi napisanego w języku C i umieszczonego w oprogramowaniu serwera i części HTML umieszczonej jako pliki html w systemie plikowym serwera.



Rys. 8. Przykładowe strony wbudowanego serwera WWW do zdalnego monitorowania szaf kablowych

Fig. 8. Example web pages of embedded WWW server to remote monitoring cabling racks

11. Podsumowanie

W artykule przedstawiono strukturę internetowych systemów pomiarowo–sterujących do zdalnego monitorowania, sterowania, diagnozowania i konfigurowania, zbudowanych w oparciu o wbudowane serwery WWW bazujące na 8- i 16-bitowych mikrokomputerach jednokładowych oraz stosie protokolowym TCP/IP. Przedstawiono sposób konfigurowania i programowania serwera WWW z programowo realizowanym stosem TCP/IP, zbudowanego na bazie mikrokomputera AVR firmy Atmel. Zaprezentowano przykładowe dynamiczne strony WWW do realizacji funkcji pomiarowych i sterujących poprzez Internet. Przedstawiony w artykule nowy kierunek rozwoju systemów pomiarowo–sterujących do zdalnego monitorowania poprzez Internet może otworzyć nowe możliwości wykorzystania inteligentnej aparatury pomiarowo–sterującej dzięki wykorzystaniu standardowego interfejsu użytkownika i powszechnie dostępnej internetowej technologii komunikacyjnej.

LITERATURA

1. Automation Research Corporation: Device & Field Network. Market Studies, 1999.
2. Hirschman Network Systems: Distributed Communication Architecture, 1998.

3. Lee K. B.: Schneeman R. D.: Internet-Based Distributed Measurement System and Control Application. IEEE Instr. & Measurement Magazine, June 1999, pp. 23-27.
4. Lutz A. T.: Using TCP/IP as an Instrument Interface. Sensors Magazine, July, 1998.
5. Michta E.: Modele komunikacyjne sieciowych systemów pomiarowo-sterujących. Monografia 99. Politechnika Zielonogórska, Zielona Góra 2000.
6. Michta E.: Ethernet przemysłowy w systemach pomiarowo-sterujących o architekturze sieciowej Metrologia Wspomagana Komputerowo - MWK 2001: V Szkoła - Konferencja. Rynia k/Warszawy, 2001. - T. 2 : Referaty, s. 263-268.
7. Michta E.: Ethernet przemysłowy i brama intranetowa w strukturze informacyjnej przedsiębiorstwa. Komputerowe Systemy Wielodostępne, Ciechocinek 2001, s. 45-54.
8. Michta E.: Technologie internetowe w sieciowych systemach pomiarowo-sterujących. Mezura - Auromecon 2001 : Konferencja. Poznań 2001, s. 131-138.
9. National Instruments: Integrating the Internet into Your Measurement System, 1999.
10. Oertel J. H.: CAN server for TCP/IP. CAN Newsletter, March 2002, pp. 60-64.
11. Pfeiffer O.: Embedded Internetworking with 8- and 16-bit Microcontrollers. Embedded Systems Conference East, Chicago 2001, pp. 421-431.

Recenzent: Dr inż. Wojciech Mielczarek

Wpłynęło do Redakcji 10 kwietnia 2002 r.

Abstract

Dynamic development of computer networks and Internet technologies enable remote diagnostics, updates and monitoring over the Internet by means of browsers and embedded WWW servers. In the paper, structure and protocol stack of embedded WWW servers used to remote monitoring of a LANs cable racks (fig. 1) are presented. Software (fig. 2) and hardware (fig. 3) components and functioning of Embedded WWW Server based on RISC architecture ATmega 103 processor are described. Way of Embedded WWW Server software modification, way of TCP/IP protocol parameters setting, way of WWW pages loading and example WWW pages to measurement and control functions are presented

The set of embedded WWW server basic software modules is presented on fig. 4. Embedded WWW server configuration page and FTP session and embedded WWW server file system are shown on fig.5 and fig. 6. At the end on fig. 8, web pages for monitoring wiring closets in campus computer network at University of Zielona Góra are presented.