

Paweł KWASNOWSKI, Henryk ZYGMUNT, Jacek SEŃKOWSKI,  
Grzegorz HAYDUK, Marcin JACHIMSKI  
Akademia Górniczo-Hutnicza, Katedra Automatyki Napędu i Urządzeń Przemysłowych

## ZASTOSOWANIE TECHNOLOGII LONWORKS W SYSTEMACH AUTOMATYKI BUDYNKÓW I MONITORINGU MEDIÓW

**Streszczenie.** Przedmiotem niniejszego referatu jest krótki opis technologii LonWorks i protokołu komunikacji sieciowej LonTalk oraz omówienie ich aplikacji w pilotażowej instalacji automatyki budynku w Pawilonie B1 Wydziału EAIiE AGH w Krakowie. Dla tej realizacji zostały w Katedrze ANiUP AGH opracowane prototypy odpowiednich urządzeń i podzespołów służących do automatyki budynków oraz monitoringu mediów, których produkcję podjął ZDANiA Sp. z oo. W referacie opisano doświadczenia zebrane w czasie dwuletniej eksploatacji omawianej pilotażowej instalacji w Paw. B1 AGH oraz koncepcję zdalnego monitoringu i rozliczania mediów dostarczanych do poszczególnych mieszkań i obiektów przemysłowych.

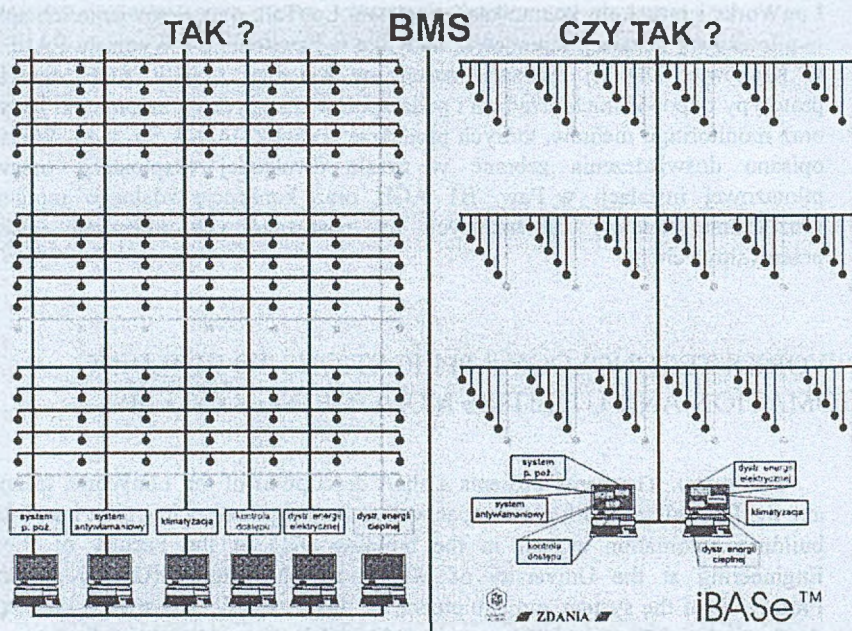
## LONWORKS TECHNOLOGY APPLICATIONS TO BUILDING AUTOMATION AND UTILITIES MONITORING SYSTEMS

**Summary.** The paper presents a short description of the LonWorks technology and the LonTalk network protocol, as well as their application in a pilot installation of building automation system in the building (B1) of the Faculty of Electrical Engineering at the University of Mining and Metallurgy (UMM) in Cracow. Prototypes of the system and equipment for this application have been developed in the Institute of Electrical Drives and Industrial Equipment Control Systems of the UMM, and manufactured by the Experimental Department of Scientific Equipment and Automation ZDANiA Ltd. The paper also describes experience gained during two-year operation of the pilot installation and the conception of remote billing and monitoring of utilities supplied to industrial or residential buildings.

## 1. Wstęp

Od kilku lat obserwuje się bardzo szybki rozwój urządzeń służących do automatyzacji funkcji spełnianych przez budynki użyteczności publicznej oraz przez budynki mieszkalne, takich jak: kontrola dostępu, sterowanie oświetleniem, ogrzewaniem lub klimatyzacją, ochrona antywłamaniowa oraz sygnalizacja pożarowa. Do niedawna wszystkie te funkcje były realizowane z wykorzystaniem oddzielnych instalacji, czujników oraz centralek nadzoru i programowania. Nowoczesne technologie systemów rozproszonych pozwalają na integrację poszczególnych funkcji wymaganych przez infrastrukturę techniczną budynku w ramach jednego systemu elektronicznego [1].

Tendencją współczesnej automatyki (nie tylko budynków) jest ewolucja od specjalizowanych, scentralizowanych systemów firmowych do otwartych systemów rozproszonych [10, 14, 16]. Tendencja ta została przedstawiona na rys. 1.



Rys. 1. Zasada integracji systemów infrastruktury budynku  
Fig. 1. Principle of integration of building's infrastructure

## 2. Otwarte systemy sterowania

Dotychczasowe, „klasyczne” rozwiązania systemów automatyki budynków (BAS) czy zarządzania budynkami (BMS) obejmowały indywidualne, firmowe systemy: sygnalizacji pożarowej, antywłamaniowy, klimatyzacji, kontroli dostępu, dystrybucji energii elektrycznej, dystrybucji energii cieplnej. Systemy te charakteryzują się, przede wszystkim, dużą doskonałością techniczną, w wyniku nagromadzenia wieloletnich doświadczeń. Podstawowymi wadami „zamkniętych” systemów firmowych jest natomiast ich „niechęć” do współpracy z innymi systemami, która powoduje, że:

- wszystkie urządzenia sterujące systemu firmowego powinny pochodzić od jednego producenta,
- wprawdzie wielu producentów wytwarza podobne funkcjonalnie urządzenia, ale nie mogą one ze sobą współpracować,
- urządzenia systemu firmowego komunikują się ze sobą za pomocą unikalnego, często niejawnego protokołu firmowego.

Dodatkowo, systemy firmowe często oferowane są na zasadzie dopasowania funkcji do kryterium niskiej ceny, w związku z czym najtańsza oferta odpowiada możliwościom oferenta w zakresie danej ceny, a nie wymaganiom funkcjonalnym klienta.

Z punktu widzenia klienta można wymienić kilka efektów zastosowania zamkniętego systemu firmowego. Należą do nich:

- wysokie koszty integracji systemów,
- niemożność spełnienia wymagań inwestora,
- wysokie koszty zmian wprowadzanych na życzenie inwestora na etapie realizacji,
- drogie kontrakty serwisowe,
- uzależnienie od producenta lub dostawcy na wiele lat eksploatacji systemu.

Alternatywą dla branżowych systemów firmowych są: **Otwarte systemy sterowania bazujące na jawnych protokołach komunikacyjnych.**

Można powiedzieć, że system spełnia kryteria otwartości, jeżeli:

- w systemie mogą pracować urządzenia pochodzące od różnych producentów,
- istnieje wielu producentów tych samych urządzeń,
- urządzenia komunikują się ze sobą za pomocą standardowego protokołu,
- istnieją standardy urządzeń i ich funkcji,
- istnieją standardy mediów komunikacyjnych,
- inwestor i użytkownik mają **swobodny wybór**: urządzeń, dostawców, projektantów i wykonawców na każdym etapie realizacji i eksploatacji.

Zastosowanie otwartych systemów sterowania przynosi następujące korzyści:

- elastyczność systemu,
- prostotę funkcjonalną i koncepcyjną,
- redukcję kosztów na etapie projektowania, wdrażania i eksploatacji,
- uniezależnienie od producenta i/lub dostawcy.

### 3. Integracja i rozproszenie oparte na technologii LonWorks

Współczesna technika oferuje rozwiązania umożliwiające tworzenie rozproszonych systemów sterowania spełniających kryteria systemów otwartych. Do rozwiązań tych zaliczyć można dzisiaj technologię LonWorks® oraz „stojącą u bram” systemów sterowania – technologię Internetu [9]. Obie technologie dostarczają wszystkie składniki potrzebne do realizacji rozproszonych systemów sterowania, a mianowicie:

- mikrokontrolery,
- standardowy protokół komunikacyjny,
- standardowe media transmisji danych,
- środki wspomagające projektowanie i programowanie.

O ile rozwiązania techniczne umożliwiające zastosowanie Internetu w rozproszonych systemach sterowania pojawiają się dopiero obecnie, to technologia LonWorks® dostarczyła kompletne rozwiązania już na początku lat 90, czego skutkiem jest zaistnienie tej technologii jako – de facto – standardu współczesnych otwartych systemów automatyki budynków. Zapewnia ona:

- kompletną technologię rozproszonych systemów sterowania (mikrokontrolery + protokół transmisji + narzędzia projektowe),
- tanie mikrokontrolery z wbudowanym programem obsługi standardowego protokołu transmisji,
- standaryzację programów typowych urządzeń przez organizację LonMark.

#### 3.1. Technologia LonWorks

W skład rozproszonych systemów automatyzacji budynków wchodzi następujące elementy: mikrosterowniki, układy wejścia/wyjścia dla czujników i elementów wykonawczych, protokół komunikacyjny, układy sprzężenia (*transceivery*) z mediami komunikacyjnymi, media komunikacyjne, zintegrowane narzędzia projektowo-uruchomieniowe.

Technologia LonWorks (LON – Local Operating Network – lokalna sieć operacyjna) została opracowana w amerykańskiej firmie ECHELON, specjalnie powołanej w roku 1988 przez firmy: Motorola i Toshiba w celu: **opracowania kompletnej technologii dla otwartych, rozproszonych systemów automatyki**. Technologia ta integruje i standaryzuje składniki rozproszonego systemu automatycznego sterowania. Obejmuje sprzęt i oprogramowanie służące do: konstruowania, wykonywania, uruchamiania i eksploatacji rozproszonych systemów automatycznego sterowania [5].

Zaletami technologii LonWorks są:

- standardowy sprzęt, oparty na specjalizowanych mikroukładach zwanych: „NeuronChip”, wyposażonych we wbudowany mikrosystem operacyjny z programem szeregowania zadań,
- standardowe oprogramowanie sieciowe z protokołem LonTalk wbudowane jako firmware do układów NeuronChip.
- zdolność do transmisji sieciowej za pośrednictwem różnych mediów transmisyjnych.

W ramach tej technologii oferowane są także zintegrowane systemy projektowo-uruchomieniowe: LonBuilder i NodeBuilder, obejmujące środki wspomagające projektowanie i metodykę tworzenia i uruchamiania wielowęzłowych, rozproszonych sieci sterujących.

Spośród licznych obszarów zastosowania technologii LonWorks, takich jak: automatyzacja budynków, sterowanie przemysłowe, diagnostyka złożonych systemów elektronicznych, medycyna, bankowość; szczególna rola przypada jej w zakresie automatyzacji budynków, umożliwiając łatwą integrację wszystkich systemów infrastruktury obiektu w ramach jednego standardu. Obejmują one następujące funkcje: sterowanie oświetleniem, klimatyzacją, ogrzewaniem, systemami kontroli dostępu, systemami bezpieczeństwa (w tym: ochronę przeciwwłamaniową i sygnalizację pożarową), sterowanie urządzeniami dźwigowymi oraz zdalne rozliczanie zużycia mediów energetycznych.

### 3.2. Rodzina mikroukładów NeuronChip

Każde urządzenie przeznaczone do współpracy w ramach sieci LonWorks musi być wyposażone w mikroukład NeuronChip, dzięki któremu może ono stać się węzłem sieci. Zadaniem tego mikroukładu jest obsługa standardowej komunikacji sieciowej (dzięki wbudowanemu oprogramowaniu firmowemu) oraz wykonywanie specyficznego programu sterowania, pracującego na podstawie danych pochodzących z urządzenia „własnego” oraz innych urządzeń, wg możliwej do dynamicznego zadeklarowania konfiguracji. Z punktu widzenia sieci LonWorks urządzeniem może być zarówno pojedynczy czujnik (temperatury,

obecności, sygnalizacji pożarowej lub inny), manipulator lub zadajnik, elektrozawór, wentylator lub punkt oświetleniowy, jak i złożony, wielofunkcyjny obiekt, np. klimatyzator. Za pośrednictwem mikroukładu NeuronChip każde urządzenie może dostarczać do sieci LonWorks informacje o stanie przyłączonych do niego czujników w postaci tzw. „zmiennych sieciowych”, wykorzystywanych w programach sterujących własnego węzła sieci oraz innych węzłów.

Rodzina mikroukładów NeuronChip [3, 4] obejmuje dwa typy, różniące się sposobem podziału pamięci wbudowanej; o ogólnych oznaczeniach: 3120 (2 KB EEPROM i 1 KB RAM) oraz 3150 (512 B EEPROM i 2 KB RAM). Oba mikroukłady mają taką samą strukturę wewnętrzną, pokazaną na rys. 2, która zawiera:

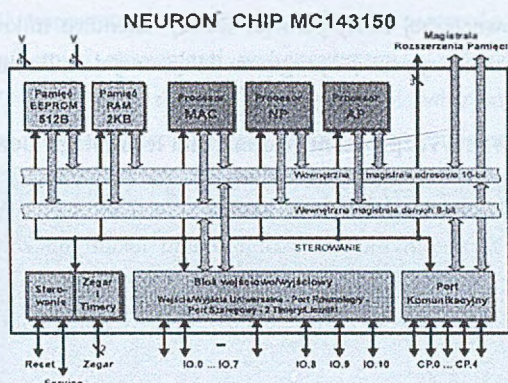
- trzy dedykowane jednostki centralne (procesory),
- elektrycznie reprogramowalną pamięć (EEPROM 512 B/ 2 KB – w zależności od wersji), danych konfiguracyjnych, unikalnego adresu oraz programu aplikacyjnego,
- pamięć danych (RAM 2 KB/1KB),
- układ sterowania i układ zegarowy wraz z licznikami czasu,
- uniwersalny programowalny blok wejścia/wyjścia, obsługujący 11 linii,
- port komunikacyjny (5 linii wejścia/wyjścia).

Układ MC143120 ma ponadto w swojej strukturze wewnętrznej 10 KB pamięci stałej ROM, system operacyjny oraz program obsługi protokołu sieciowego LonTalk.

Układ MC143150 nie ma w swojej strukturze pamięci stałej. Jest natomiast wyposażony w wyprowadzenie zewnętrzne magistrali systemowej (16 linii adresowych, 8 linii danych oraz 3 linie sterujące), umożliwiające dołączenie zewnętrznej pamięci programu, która zawiera system operacyjny i program użytkownika oraz dodatkowych zewnętrznych układów wejścia/wyjścia.

Dedykowane procesory mikroukładu NeuronChip spełniają następujące funkcje:

- Procesor nr 1 MAC (Media Access Control) – sterownik medium komunikacyjnego – obsługuje linie komunikacji sieciowej w zakresie dwóch pierwszych warstw 7-warstwowego modelu OSI, czyli: bezpośrednią obsługę linii transmisyjnych oraz realizację algorytmu wykrywania i unikania kolizji na medium transmisyjnym.
- Procesor nr 2 NP (Network Processor) – procesor sieciowy – obsługuje warstwy od trzeciej do szóstej modelu OSI, w tym zmienne konfiguracyjne i sieciowe. Obejmuje: adresowanie, przetwarzanie transakcji, potwierdzenia zgodności, diagnostykę, timery software'owe, zarządzanie siecią oraz funkcje routerowe.
- Procesor 3 AP (Application Processor) – procesor aplikacji – obsługuje pracę systemu operacyjnego oraz wykonuje program użytkownika.



Rys. 2. Struktura układu NeuronChip

Fig. 2. Block diagram of the NeuronChip structure

Procesory MAC i NP komunikują się ze sobą przez wspólny sieciowy bufor pamięci, a procesory NP i AP przez wspólny bufor aplikacji. Oba bufory są ulokowane w wewnętrznej pamięci RAM mikroukładu NeuronChip. Wymiana informacji przez wspólne bufory jest zsynchronizowana za pomocą semaforów sprzętowych.

Procesory wewnętrzne mikroukładu NeuronChip mają własne zestawy rejestrów, ale współpracują z jedną jednostką arytmetyczno-logiczną i tymi samymi pamięciami programu oraz danych, w takt jednego sygnału zegarowego (na zakładkę).

Podstawowym językiem programowania przez użytkownika zadań dla mikrokontrolera NeuronChip jest język Neuron C – modyfikacja języka ANSI C; zoptymalizowana i dostosowana do potrzeb rozproszonych systemów sterowania, opartych na technologii LON. Zmiany i rozszerzenia języka obejmują:

- wbudowany wielozadaniowy program szeregowania zadań, który ułatwia programiście organizowanie współpracy równoległych zadań sterowania,
- zorganizowany standardowy dostęp do linii wejścia/wyjścia,
- zorganizowany standardowy dostęp do zmiennych sieciowych, które są obiektami języka Neuron C i których wartości są automatycznie przesyłane przez sieć po każdej ich zmianie,
- zorganizowana standardowa obsługa timerów milisekundowych i sekundowych, wbudowana biblioteka funkcji obsługi zdarzeń, obsługi wejść/wyjść, nadawania i odbierania wiadomości przez sieć oraz dodatkowych funkcji sterowania układem Neuron.

Wszystkie wymienione wyżej grupy dodatkowych własności języka są wbudowane w oprogramowanie firmowe (firmware). Mikroukład MC 143120 ma te funkcje

zaprogramowane w wewnętrznej stałej pamięci ROM, natomiast mikroukład MC 143150 musi je otrzymać w zewnętrznej pamięci programu dołączonej do mikroukładu.

### 3.3. Systemy sterowania rozproszonego oparte na technologii LonWorks

Cechą szczególną technologii LON jest rozwiązanie, w ramach standardu, komunikacji sieciowej pomiędzy poszczególnymi mikrokontrolerami lokalnymi zbudowanymi na bazie mikroukładów NeuronChip. Każdy węzeł sieci jest wyposażony w układ sprzężenia z medium transmisyjnym, element NeuronChip oraz dodatkowo układ rozszerzenia wejść/wyjść.

Technologia ta umożliwia używanie następujących mediów do transmisji danych pomiędzy węzłami sieci [2]:

- para skręcona TP/FT-10 – transmisja z prędkością: 78 kb/s,
- para skręcona TP/XF – transmisja z prędkością: 1,25 Mb/s,
- częstotliwość nośna na okablowaniu elektrycznym niskiego napięcia (9600 b/s),
- transmisja radiowa za pośrednictwem radiomodemu,
- kabel koncentryczny (10 Mb/s, 100 Mb/s),
- kabel światłowodowy (1.25 Mb/s – 2.5 Mb/s),
- łącze transmisji w podczerwieni,
- łącze transmisji ultradźwiękowej.

System LonWorks pozwala na rozproszenie systemu sterowania do poziomu pojedynczego czujnika i elementu wykonawczego lub na konstruowanie węzłów nieco bardziej rozbudowanych, integrujących w sobie szereg funkcji, które ma spełniać inteligentny sterownik pomieszczenia. Taką drogę wybrano przy realizacji pilotażowej instalacji automatyki budynku w Pawilonie B1 Wydziału EAIiE AGH w Krakowie.

## 4. Pilotażowa instalacja automatyki budynku w Pawilonie B1 Wydziału EAIiE AGH

Została ona zrealizowana w ramach tzw. Grantów Uczelnianych Zamawianych GUZ w dwóch etapach w latach: 1998 i 1999. Etap I [11] objął 4 pokoje na parterze pawilonu B1, pokazane na rys. 3, a etap II [12] pozostałe 22 pokoje na parterze tego samego pawilonu B1, pokazane na rys. 4.

W trakcie realizacji tych prac badawczych zostały opracowane w KANiUP AGH oraz wykonane w ZDANI A Sp. z oo. i oprogramowane: prototypowe sterowniki pomieszczeń oraz

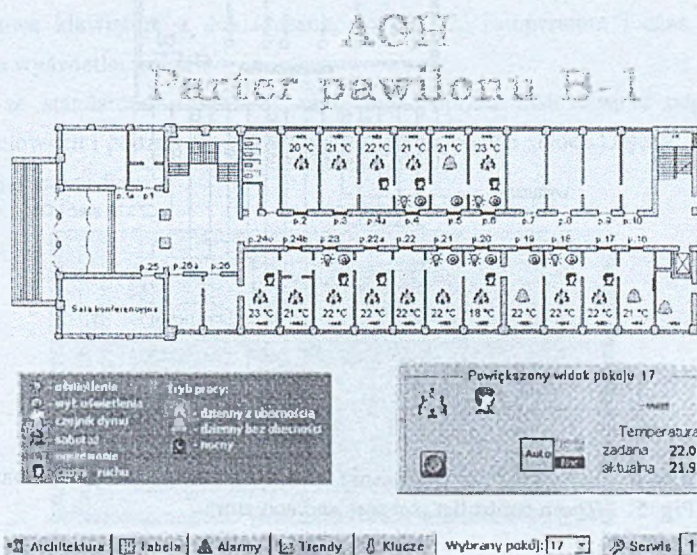


zadajniki i mierniki temperatury w pomieszczeniach, a następnie zainstalowane wraz z odpowiednimi czujnikami i elementami wykonawczymi w pokojach objętych systemem pilotażowym [6, 7, 8]. Został również opracowany i wdrożony program nadrzędny, umożliwiający zdalne monitorowanie, programowanie i sterowanie pracą systemu.



Rys. 3. Schemat instalacji pilotażowej – etap I

Fig. 3. Diagram of the pilot installation – stage I



Rys. 4. Schemat instalacji pilotażowej – etap II

Fig. 4. Diagram of the pilot installation – stage II

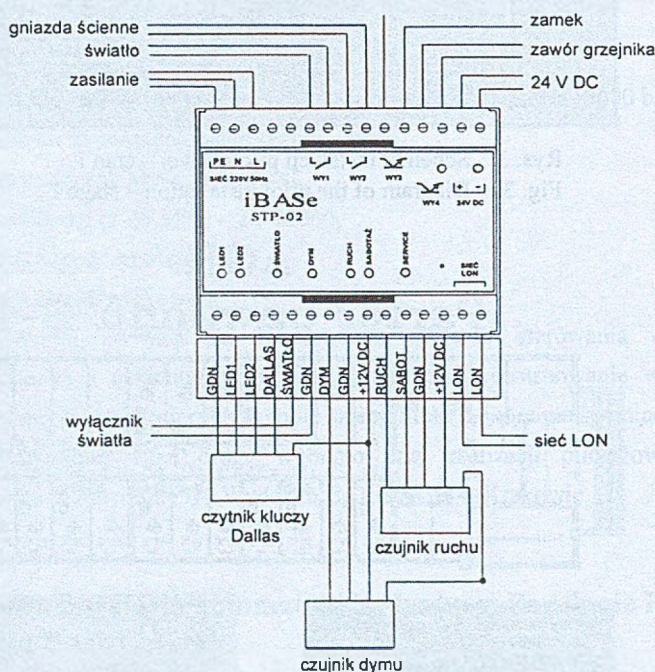
Sterowniki pomieszczeń wykonano na bazie mikrokontrolerów NeuronChip MC143150, które dla 4 pierwszych pokojów (w etapie I) wyposażono w układy transmisji danych za

pośrednictwem sieci elektrycznej 220 V AC, (pracujące w paśmie C: 125 + 140 kHz, dopuszczalnym dla odbiorców energii elektrycznej), a w pozostałych 22 pokojach (w etapie II) – w układy transmisji danych za pośrednictwem pary skręconej TP/FT-10.

#### 4.1. Sterownik pomieszczenia STP-02

Na rys. 5 pokazano płytę czołową sterownika pomieszczenia STP-02 oraz schemat połączenia czujników i elementów wykonawczych.

Podstawowe zadania sterownika pomieszczenia obejmują następujące funkcje związane z obsługą infrastruktury pomieszczenia oraz budynku: dystrybucja i wykorzystanie mediów (energia elektryczna i ciepła), kontrola dostępu i ochrona antywłamaniowa, sygnalizacja pożarowa.



Rys. 5. Sterownik pomieszczenia oraz czujniki i elementy wykonawcze  
Fig. 5. Room controller, sensors and actuators

Sterownik STP-02 posiada cztery wejścia dwustanowe, do których przyłączone są: czujnik ruchu, czujnik dymu, wyłącznik oświetlenia i styk sabotażu. Piąte wejście sterownika obsługuje czytnik dotykowych kluczy Dallas.

Cztery wyjścia modułu STP-02 sterują załączaniem oświetlenia, obwodem gniazd ściennych, zaworem grzejnika CO oraz elektromagnetycznym zamkiem drzwi.

Sterownik STP-02 otrzymuje poprzez sieć LON aktualną temperaturę, temperaturę zadaną oraz tryb pracy (dzienny lub nocny). Zmienne te są wysyłane przez moduł TSSP i umożliwiają zadawanie temperatury w pomieszczeniu w zależności od godziny i pory dnia. Informacje z czujnika ruchu są wykorzystywane do obniżenia temperatury w przypadku braku osób w pomieszczeniu, a w nocy do wysyłania alarmu nieuprawnionej obecności. Jeżeli w pomieszczeniu nie ma nikogo, następuje również wyłączenie oświetlenia.

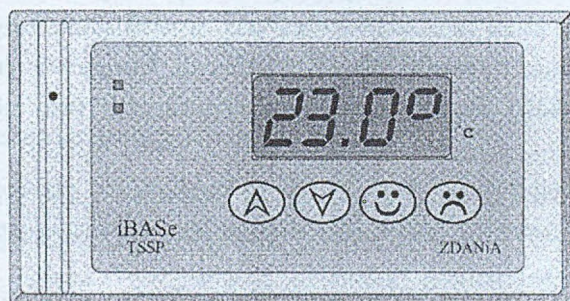
Poprzez obsługę czytnika kluczy Dallas i sterowanie zamkiem drzwi realizowana jest kontrola dostępu. Wejście do pomieszczenia jest możliwe tylko dla osób posiadających klucz, którego numer został wcześniej wpisany do pamięci sterownika.

Informacje z wejść i wyjść sterownika są przesyłane poprzez sieć LON umożliwiając kontrolę stanu pomieszczenia i alarm w przypadku pożaru, nieuprawnionej obecności lub próby demontażu jednego z czujników.

#### 4.2. Moduł czujnika i zadajnika temperatury z zegarem czasu rzeczywistego – TSSP

Na rys. 6 pokazano widok modułu czujnika i zadajnika temperatury – TSSP, który służy do pomiaru i zadawania temperatury w pomieszczeniu. Moduł posiada również zegar czasu rzeczywistego odmierzający czas i datę. Zadana temperatura jest wprowadzana poprzez czteroprzyciskową klawiaturę z dokładnością do 0,5 °C. Temperatura i czas mogą być wyświetlane na wyświetlaczu LCD.

Zgodność ze standardem LonMark® osiągnięto poprzez zastosowanie odpowiednich zmiennych sieciowych i podział programu na bloki funkcjonalne „Node Object”, „Real Time Keeper” i „Temperature Sensor”.



Rys. 6. Moduł czujnika i zadajnika temperatury TSSP

Fig. 6. Temperature sensor and setting module TSSP

Aktualna temperatura w pomieszczeniu oraz temperatura zadana są przesyłane poprzez sieć LON do innych modułów sterujących, np.: grzejnikami czy klimatyzacją. Poprzez sieć

przesyłana jest również godzina i data, co umożliwia dostosowanie sterowania do pory dnia, dnia tygodnia czy pory roku. Data, godzina i temperatura zadana mogą być również ustawiane poprzez sieć LON.

#### 4.2.1. Ustawianie trybu pracy

Sterownik pomieszczenia STP-02 może pracować w dwóch trybach: nocnym i dziennym.

W trybie nocnym temperatura w pomieszczeniu jest ustalana przez system nadrzędny, a dostęp do pomieszczenia jest zablokowany. Obecność w pomieszczeniu w trybie nocnym jest zgłaszana systemowi nadrzédnemu jako alarm nieuprawnionej obecności.

W trybie dziennym temperatura w pomieszczeniu jest ustawiana poprzez moduł TSSP, jeżeli sterownik STP-02 wykrywa obecność w pomieszczeniu. Przy braku obecności temperatura jest obniżana do zadanej przez system nadrzędny, a oświetlenie wyłączane. Dostęp do pomieszczenia w trybie dziennym mają osoby posiadające klucze, których numery zostały wcześniej wprowadzone do pamięci sterownika STP-02.

Tryb, w jakim pracuje sterownik pomieszczenia jest ustawiany poprzez moduł TSSP. Tryb pracy może być ustawiony na dwa sposoby: poprzez podanie godziny rozpoczęcia i zakończenia trybu dziennego (przez pozostałą część doby sterownik pracuje w trybie nocnym) lub poprzez ustawienie trybu dla każdej godziny z osobna. Ustawianie trybu dla każdej godziny odbywa się oddzielnie dla dni roboczych i dla weekendu (sobota i niedziela).

### 4.3. Program operatorski

Komputer operatora pozwala na zadawanie wybranych parametrów dla poszczególnych pomieszczeń, wprowadzanie informacji o uprawnionych użytkownikach poszczególnych pomieszczeń, podglądanie stanu pomieszczeń oraz na przeglądanie bazy danych, w której gromadzone są dane o poszczególnych zdarzeniach, alarmach i przebiegu w czasie odpowiednich wielkości, jak: temperatury: zadane i rzeczywiste, stany załączenia grzejników oraz światła itp.

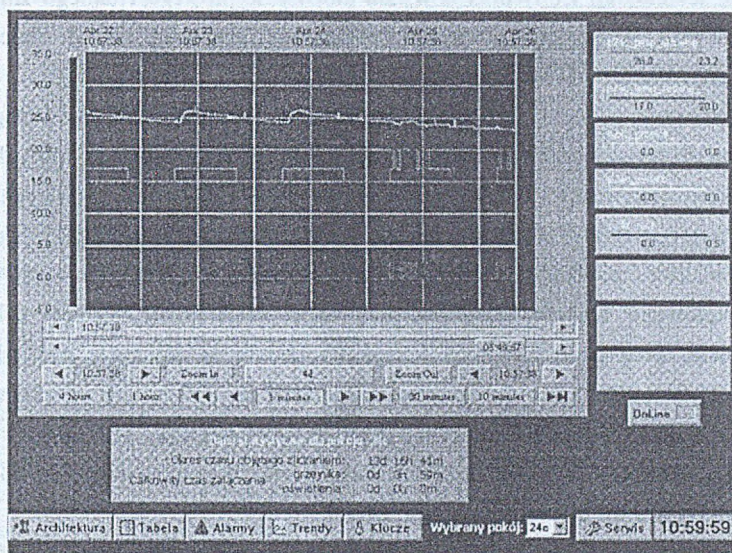
Współpraca komputera operatora z siecią sterowników jest obsługiwana przez Serwer LNS DDE. Wykorzystywany jest przy tym standardowy mechanizm wymiany danych klient-serwer DDE.

Po naciśnięciu przycisku „Alarmy”, na planszy można przeglądać chronologicznie w funkcji czasu wszystkie zdarzenia i alarmy w systemie sterowania budynku.

Przyciskiem „Trendy” wywołuje się planszę pokazaną na rys. 7, na której można śledzić przebiegi w czasie odpowiednich wartości temperatury rzeczywistej i zadanej, stanów załączenia grzejnika i światła oraz obecności w wybranym pomieszczeniu, jak również

w wybranym przedziale czasu. Dane statystyczne łącznego czasu załączenia grzejnika oraz oświetlenia podają informację od początku rejestracji przez system na tle całkowitego czasu rejestracji.

Przyciskiem „Klucze” wywołuje się planszę zawierającą bazę danych obejmującą zbiór zarejestrowanych w poszczególnych pokojach kluczy z informacjami: o typie klucza (Master, Klucz) oraz danymi osobowymi posiadacza klucza; jak również log prób użycia kluczy Dallas w określonym przedziale czasu. Na planszy tej można również dokonać rejestracji nowych kluczy.



Rys. 7. Trendy i statystyka

Fig. 7. Trends and statistics

#### 4.4. Wyniki badań instalacji pilotażowej

W wyniku badań przeprowadzonych na instalacji pilotażowej potwierdziła się w całej rozciągłości funkcjonalność zintegrowanego systemu zarządzania i sterowania zużyciem energii, kontroli dostępu i sygnalizacji pożarowej pomieszczeń, działającego wg opracowanych założeń i rozwiązań techniczno-technologicznych [10, 13, 14, 16].

Wyniki badań statystycznych przeprowadzonych w sezonach grzewczych 1998/1999 i 2000/2001 w pokojach objętych zintegrowanym systemem zarządzania i sterowania zużyciem energii wskazywały, że ilość zużytej energii na ogrzanie pomieszczeń objętych tym sterowaniem może się zmniejszyć o 30 + 50%, a ilość energii elektrycznej zużywanej na oświetlenie o około 40%.

## 5. Zintegrowany system zdalnego monitoringu i rozliczania mediów

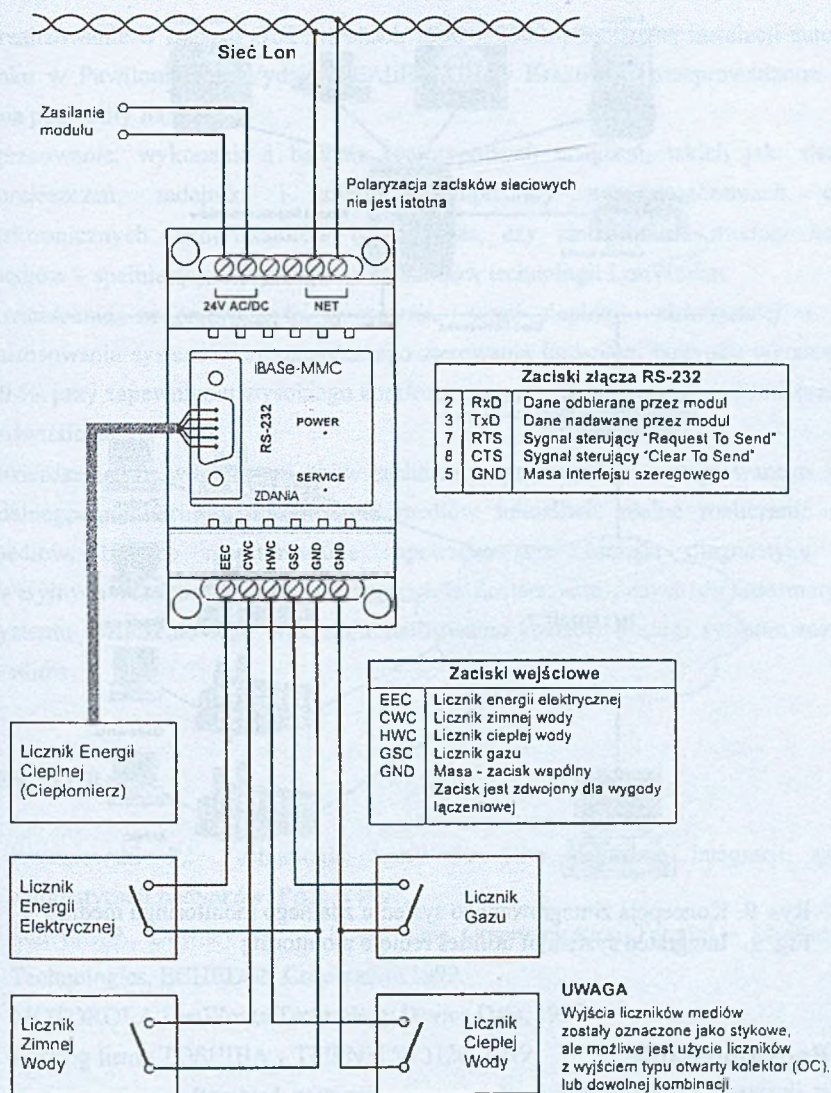
Poszczególni dostawcy mediów dla gospodarstw domowych i przemysłu, a mianowicie: Przedsiębiorstwa Energetyki Ciepłej, Przedsiębiorstwa Wodociągów i Kanalizacji, Zakłady Energetyczne i Zakłady Gazownicze, indywidualnie przygotowują się do wdrożenia własnych systemów zdalnego monitoringu i rozliczania mediów. Brak koordynacji w tym zakresie grozi niepotrzebnym zwielokrotnieniem magistral informatycznych łączących wielu odbiorców z poszczególnymi dostawcami mediów.

Na bazie technologii LonWorks powstała możliwość prostego i taniego zintegrowania tego systemu [15]. W tym celu został opracowany specjalizowany moduł zintegrowanego licznika mediów iBASE – MMC, pokazany na rys. 8.

Moduł ten jest wyposażony w 4 wejścia impulsowe oraz kanał transmisji szeregowej i jest przeznaczony do wykorzystania w rozproszonych systemach monitoringu, których realizację oparto na sieci LonWorks. Zestaw wejść pozwala na podłączenie typowych liczników mediów (energia elektryczna, woda zimna, ciepła woda użytkowa, gaz) posiadających wyjścia impulsowe oraz ciepłomierza z wyjściem w standardzie RS-232 lub RS-485. Moduł posiada wbudowane funkcje liczników oraz zegar czasu rzeczywistego z bateryjnym podtrzymaniem. Stan poszczególnych liczników modułu MMC może być odczytywany zdalnie za pośrednictwem sieci LonWorks, dostarczany do serwera sieci i udostępniany, za pośrednictwem sieci Internet, odpowiednim dystrybutorom mediów.

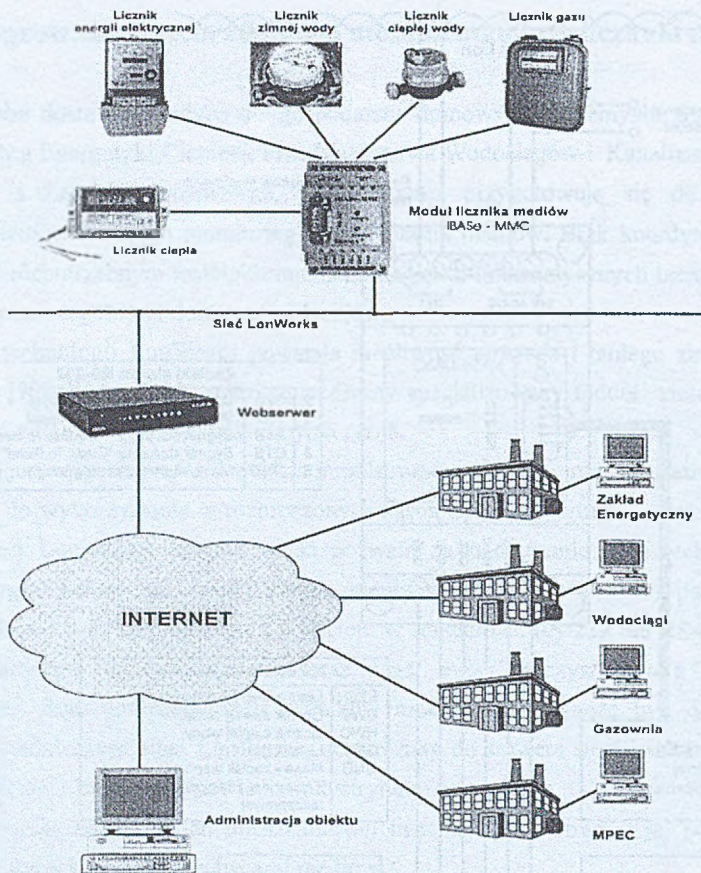
Na rys. 9 pokazano przykład mieszkaniowej instalacji pomiarowej i jej powiązanie z administracją budynków oraz dostawcami mediów.

Kluczowe korzyści, jakie może przynieść upowszechnienie proponowanego systemu, to: osiągnięcie, minimalnym nakładem kosztów, następujących celów: zdalne rozliczanie zużycia mediów, bieżące monitorowanie zapotrzebowania, bieżącą diagnostykę stanów awaryjnych i „nienormalnych”, bezpośrednie dostarczanie danych do informatycznego systemu rozliczeniowego oraz obniżenie do minimum kosztów obsługi systemu rozliczania mediów.



Rys. 8. Moduł zintegrowanego licznika mediów iBAsE – MMC

Fig. 8. Integrated utilities counter iBAsE – MMC



Rys. 9. Koncepcja zintegrowanego systemu zdalnego monitoringu mediów  
 Fig. 9. Integrated system of utilities remote monitoring

## 6. Podsumowanie

Zastosowanie technologii LonWorks w systemach automatycznego sterowania (BAS) i zarządzania (BMS) budynkami pozwala na tworzenie otwartych, zintegrowanych systemów rozproszonego sterowania funkcjami budynku, takimi jak: oświetlenie, klimatyzacja, ogrzewanie, kontrola dostępu i bezpieczeństwa (w tym: ochrona przeciwwłamaniowa i sygnalizacja pożarowa), sterowanie urządzeniami dźwigowymi oraz zdalne monitorowanie i rozliczanie zużycia mediów energetycznych.



Zrealizowanie w ramach GUZ, w latach 1998 + 2000, pilotażowej instalacji automatyki budynku w Pawilonie B1 Wydziału EAIiE AGH w Krakowie i przeprowadzone na niej badania pozwoliły na:

- opracowanie, wykonanie i badania prototypowych urządzeń, takich jak: sterowniki pomieszczeń, zadajniki i mierniki temperatury w pomieszczeniach, czytniki elektronicznych identyfikatorów typu Dallas, czy zintegrowane moduły liczników mediów – spełniających wymagania standardów technologii LonWorks;
- stwierdzenie, że oszczędności w zużyciu energii cieplnej i elektrycznej w wyniku zastosowania systemów automatycznego sterowania funkcjami budynku wynoszą około 30 %, przy zapewnieniu wysokiego komfortu pracy, zarówno w zakresie klimatyzacji, jak i oświetlenia;
- stwierdzenie, że wdrożenie i upowszechnienie opracowanego zintegrowanego systemu zdalnego monitoringu i rozliczania mediów umożliwi: zdalne rozliczanie zużycia mediów, bieżące monitorowanie zapotrzebowania, bieżącą diagnostykę stanów awaryjnych i „nienormalnych”, bezpośrednie dostarczanie danych do informatycznego systemu rozliczeniowego oraz zminimalizowanie kosztów obsługi systemu rozliczania mediów.

## LITERATURA

1. Kwasnowski P.: Technologia LonWorks jako narzędzie integracji systemów automatyki budynków; PAK 9/1997.
2. Sutterlin P., Downey W.: A Power Line Communication Tutorial – Challenges and Technologies, ECHELON Corporation 1999.
3. MOTOROLA LonWorks Technology Device Data, 1997.
4. Katalog firmy TOSHIBA – TMPN3150/3120, 1999.
5. Kwasnowski P.: Przykład zastosowania technologii LonWorks do integracji systemów automatyki budynków. Jakość i Użytkowanie Energii Elektrycznej; t. 5, zeszyt 1, 1999, s. 109 – 117.
6. Kwasnowski P.: Pilotażowa instalacja sieci LonWorks do sterowania inteligentnym budynkiem – już pracuje w Akademii Górniczo-Hutniczej w Krakowie. Pomiar Automatyka Kontrola, nr 5/1999, s. 24 – 27).
7. Kwasnowski P.: Pilotażowa instalacja sieci LonWorks do sterowania inteligentnym budynkiem już pracuje w AGH w Krakowie. Biuletyn Informacyjny Pracowników AGH, nr 66/67, 23.06.1999 r., s. 27 – 30.

8. Kwasnowski P.: **iBAsE™** – Zintegrowany system automatyzacji budynków na bazie technologii LonWorks®. *Pomiary Automatyka Kontrola*, nr 11, 1999, s. 31 – 33.
9. Kwasnowski P.: Integracja i rozproszenie. System **iBAsE™** na bazie technologii LonWorks®. *Inteligentny Budynek*, nr 2, 2000, s. 187 – 190.
10. Kwasnowski P.: Open Systems 2000. *Biuletyn Informacyjny Pracowników AGH*, nr 85, grudzień 2000, s. 11.
11. Zygmunt H., Kwasnowski P.: Sprawozdanie z „GUZ'98”, pt.: „Zintegrowane zarządzanie i sterowanie dystrybucją energii w budynkach użyteczności publicznej z zastosowaniem technologii LON”, zadanie: Wykonanie i badanie pilotażowej instalacji sieci LON w Paw. B-1 AGH, oraz załącznik: „Charakterystyka sterowników pomieszczeń i oprogramowania operatorskiego wraz z rysunkami”.
12. Zygmunt H., Kwasnowski P. i inni: Sprawozdanie z „GUZ'99”, pt.: „Racjonalizacja zużycia energii na przykładzie wybranego budynku AGH”. Zadanie: Badanie efektywności zintegrowanego systemu zarządzania i sterowania zużyciem energii na przykładzie instalacji sieci LON w paw. B-1 AGH.
13. Kwasnowski P.: „Inteligentny budynek” – wprowadzenie, podstawowe pojęcia, korzyści dla inwestora i użytkownika, krótki raport o sytuacji na świecie i w kraju oraz doświadczenia AGH z wdrażania pilotażowej instalacji automatyzacji budynku Wydziału EAIiE. Referat wygłoszony na seminarium pod patronatem Prezydenta Miasta Krakowa, w dniu 17 listopada 1999 w Centrum Konferencyjnym Villa Decius oraz na seminarium pt.: „Automatyzacja budynków” w Collegium Maius Uniwersytetu Jagiellońskiego w dniu 3.grudnia 1999 (60 przeźroczy w „Power Point”).
14. Kwasnowski P.: Integracja i rozproszenie – System **iBAsE**, na bazie technologii LonWorks; prezentacja w Power Point – 55 slajdów, na międzynarodowym seminarium: „Open Systems 2000”, AGH, ZDANiA, firma ECHELON Kraków – AGH w dniu 10.10.2000.
15. Kwasnowski P.: Koncepcja zintegrowanego systemu zdalnego monitoringu i rozliczania mediów; prezentacja w Power Point – 21 slajdów + dane katalogowe modułu monitoringu mediów (7 stron). Seminarium z udziałem przedstawicieli Zarządu Miasta Krakowa oraz dostawców mediów, Kraków – AGH, 11.12.2000.
16. Zygmunt H., Kwasnowski P.: Integration und Verteilung – System **iBAsE** – auf der Basis der LonWorks Technologie; prezentacja w Power Point – 63 slajdy, na międzynarodowym seminarium w TU Clausthal BRD, w dniu 10.01.2001.

Recenzent: Dr inż. Włodzimierz Boroń

Wpłynęło do Redakcji 31 marca 2001 r.

## Abstract

Employing the LonWorks technology to the building automation (BAS) and building management (BMS) systems allows for creating an open, integrated system of distributed control of building installations such as: lighting, air conditioning and heating control, access control and security systems (including: intrusion, robbery and fire alarm systems), elevator systems and remote billing of utilities consumption.

The design, completing and experimental tests, carried on since 1998 to 2000, of the pilot installation of building automation system, as shown in Figures 3, 4, and 7, in the Electrical Engineering Faculty building (B1) allowed to:

- work out, manufacture and test prototype devices such as: room controller, room temperature sensor and setting module, shown in Fig. 5 and 6, Dallas type electronic key and integrated utilities counter module (shown in Fig. 8) – compliant with the LonWorks requirements;
- conclude that employing the integrated systems of automatic control of building functions results in c.a. 30% savings in thermal and electrical energy consumption while providing comfortable work-place conditions in terms of HVAC and lighting;
- conclude that developing, bringing into operation and broad distribution of the integrated system of utilities monitoring and billing (shown in Fig. 9) enables remote billing and on-line demand monitoring of utilities, diagnostics of faulty and "abnormal" conditions, direct data transfer to the billing system and reduction of the billing system operating costs.