ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 2002
Seria: ELEKTRYKA z. 181 Nr kol.1540

Jerzy ROJ
Instytut Metrologii i Automatyki Elektrotechnicznej
Politechnika Śląska

PODSTAWOWE STANDARDY SYSTEMÓW POMIAROWO-STERUJĄCYCH STOSOWANYCH W INTELIGENTNYCH BUDYNKACH

Streszczenie. Podstawowym wymogiem, coraz częściej stawianym współczesnym budynkom, jest optymalizacja kosztów eksploatacji przy jednoczesnym zapewnieniu wysokiego poziomu funkcjonalności i komfortu użytkowników. W tym celu budynki wyposaża się w zdecentralizowane, zintegrowane systemy zarządzające większością ich infrastruktury technicznej. W artykule przedstawiono ogólny opis wybranych systemów pomiarowo - sterujących stosowanych w tzw. „inteligentnym budownictwie". Omówiono architekturę oraz podstawowe właściwości funkcjonalne systemów X-10, EIB oraz LonWorks.

BASIC STANDARDS OF MEASURING-CONTROL SYSTEMS USED IN SMART BUILDINGS

Summary. Optimization of exploitation costs at simultaneous ensuring the user's high level of comfort and functionality are the basic requirements for modern buildings. That is why buildings are equipped with decentralized, integrated systems controlling their technical infrastructure. The paper presents the general description of selected measuring-control systems used in smart buildings. Architecture and basic functional properties of X-10, EIB and LonWorks systems are discussed.

1. WSTĘP

W ostatnich latach można zaobserwować dynamiczny rozwój zintegrowanych systemów zarządzania zasobami technicznymi budynków. Jest on wynikiem sukcesywnego wdrażania nowych technologii teleinformatycznych i służy urzeczywistnianiu idei tzw. „inteligentnego budynku". Termin ten, budzący podobne kontrowersje jak np. „inteligentny czujnik (przetwornik) pomiarowy", zaczął funkcjonować w latach osiemdziesiątych i oznaczał pierwotnie budynek wyposażony w instalacje alarmowe, oświetleniowe i klimatyzację, które sterowane były za pomocą centralnego komputera. Rozwiązanie tego rodzaju posiadało szereg wad: od złożonej sieci czujników i elementów wykonawczych, którymi „opleciona" była jednostka centralna poczynając, na dużej zawodności kończąc – awaria komputera centralnego paraliżowała pracę całego systemu.

Współczesne inteligentne budynki projektowane są w oparciu o zdecentralizowane, otwarte systemy automatyki, które w razie awarii mogą pracować niezależnie w swych poszczególnych segmentach. Ich zadaniem jest między innymi integracja i koordynacja działania całej dostępnej infrastruktury technicznej budynku, tj. sieci komputerowych, telefonicznych, systemów oświetlenia, klimatyzacji, wentylacji, sygnalizacji przeciwpożarowej oraz systemów kontroli i zabezpieczeń. Zatem podstawową cechą inteligentnego budynku jest odpowiednie wykorzystanie dostępnych mediów w celu uzyskania maksimum funkcjonalności, komfortu i bezpieczeństwa przy jednoczesnej minimalizacji kosztów eksploatacji i modernizacji [1].

Obecnie istnieje wiele wzajemnie niezgodnych rozwiązań systemów pomiarowo-sterujących budynków i trudno się spodziewać, by w najbliższych latach którejś z wiodących w tej dziedzinie firm udało się przeforsować własne rozwiązania jako światowy standard. Analizując z kolei rynek inteligentnego budownictwa w Polsce, można wskazać trzy najczęściej spotykane rozwiązania: X-10, EIB oraz LonWorks.

2. STANDARD X-10

Cechą charakterystyczną standardu X-10 jest komunikacja pomiędzy urządzeniami (czujniki, układy wykonawcze) poprzez istniejącą w budynku sieć energetyczną 220V. Oznacza to, że nie jest wymagane dodatkowe okablowanie, co w znacznym stopniu zmniejsza koszty instalacji. Rozbudowa systemu sprowadza się do umieszczenia kolejnego urządzenia w gniazdku, zamontowania na szynie DIN lub w miejscu tradycyjnych wyłączników ściennych. Sterowanie modułami wykonawczymi może być realizowane ręcznie – za pomocą sterowników bezprzewodowych (pilotów uniwersalnych) oraz automatycznie przy

wykorzystaniu odpowiednich czujników (temperatury, wilgotności, ruchu itp.) - za pomocą kontrolerów OEM lub z dowolnego komputera PC poprzez interfejs typu CM11.

Transmisja danych między nadajnikami i odbiornikami jest synchronizowana punktami przejścia przez zero napięcia sieci energetycznej [2, 3]. W punktach tych nakładany jest dodatkowy sygnał prostokątny o częstotliwości 120 kHz i czasie trwania 1 ms. Obecność tego sygnału oznacza logiczną „1", natomiast jego brak – logiczne „0". W celu zabezpieczenia przed niekontrolowanym przedostaniem się sygnałów sterujących z i do budynku stosuje się odpowiednie filtry sieciowe montowane na głównym przewodzie zasilającym.

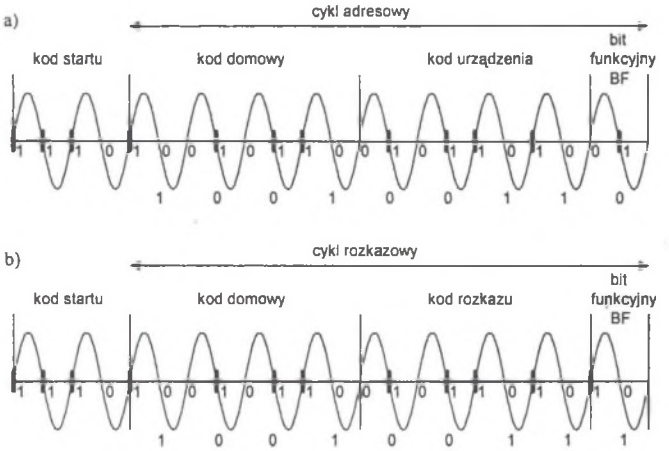
Adres każdego modułu składa się z litery z zakresu A-P, określającej tzw. kod domowy (ang. house code) oraz liczby z zakresu 1-16, określającej kod urządzenia (ang. unit code) lub kod rozkazu (ang. function code) w zależności od stanu bitu funkcyjnego BF. Oznacza to możliwość sterowania 256 urządzeniami lub ich grupami. Wybór adresu dokonywany jest za pomocą dwóch obrotowych przełączników, w które wyposażone jest każde urządzenie wykonawcze [13]. W tablicy 1 zestawiono listę kodów standardu X-10.

Tablica 1

Lista kodów standardu X-10

D3	D2	D1	D0	Kod domowy	Kod urządzenia (BF=0)	Kod rozkazu (BF=1)
0	0	0	0	M	13	Wyłącz wszystko
0	0	0	1	E	5	Włącz wszystkie światła
0	0	1	0	C	3	Włącz
0	0	1	1	K	11	Wyłącz
0	1	0	0	O	15	Zmniejsz moc
0	1	0	1	G	7	Zwiększ moc
0	1	1	0	A	1	Wyłącz wszystkie światła
0	1	1	1	I	9	Rozkazy rozszerzone
1	0	0	0	N	14	
1	0	0	1	F	6	
1	0	1	0	D	4	
1	0	1	1	L	12	
1	1	0	0	P	16	
1	1	0	1	H	8	
1	1	1	0	B	2	
1	1	1	1	J	10	

Podstawowe cykle protokołu transmisji standardu X-10 zilustrowano na rys.1.



Rys.1. Podstawowe cykle protokołu transmisji standardu X-10: a) cykl adresowy, kod domowy: „F"., kod urządzenia: „11", b) cykl rozkazowy, kod domowy: „F", rozkaz: „wyłącz"

Fig.1. Basic cycles of X-10 standard transmission protocole: a) address cycle, house code: „F", unit code: „11', b) instruction cycle, house code: „F", instruction: „Off"

W protokole transmisji X-10 można wyodrębnić dwa podstawowe cykle: adresowy oraz rozkazowy, poprzedzone kodem startu, który stanowi sekwencja bitów 1110. Transmisja pełnej procedury sterującej składa się z obu wymienionych cykli, przy czym muszą one być oddzielone od siebie sekwencją przynajmniej 6 bitów o wartości logicznej 0. Po rozkazach „Zwiększ/zmniejsz moc" z grupy podstawowych oraz wszystkich rozkazach rozszerzonych nie stosuje się tego rodzaju sekwencji rozdzielenia. Aby zminimalizować błędy transmisji cykle adresowe oraz rozkazowe generowane są dwukrotnie, w celu porównania ich przez odbiornik. Ponadto każdy bit adresowy lub rozkazowy przesyłany jest również dwukrotnie - odpowiednio w postaci prostej i zanegowanej.

W przypadku cyklu adresowego po kodzie startu wysyłane są bity adresowe: czterobitowy kod domowy oraz kod urządzenia, po którym transmitowany jest bit funkcyjny BF, w tym przypadku o wartości 0 (bit funkcyjny BF o wartości 0 informuje, że poprzedzająca połówka bajtu jest kodem urządzenia i stanowi część adresu). W cyklu rozkazowym bit funkcyjny BF ma wartość 1, co oznacza, że poprzedzająca go połówka bajtu zawiera kod rozkazu. Na rys.2 zilustrowano pełną procedurę sterującą standardu X-10.

Rys.2. Ilustracja pełnej procedury sterującej standardu X-10

Fig.2. Illustration of X-10 standard full control procedure

Całkowita transmisja polecenia sterującego zajmuje 47 okresów sinusoidalnego napięcia sieciowego 50 Hz, co oznacza, że trwa 0,94s. Istnieją również rozkazy nie wymagające wyboru adresu urządzenia, np. wyłącz wszystkie światła. Wówczas sekwencja sterująca wymaga czasu 0,22s.

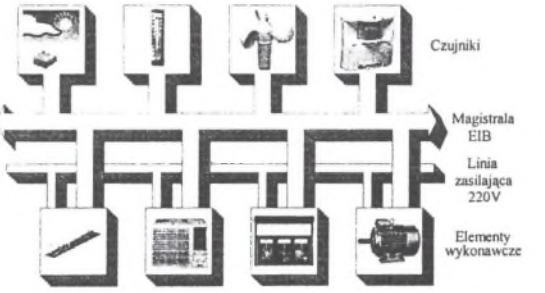
Pewne dodatkowe możliwości stwarza połączenie systemu z komputerem PC przez moduł sterujący typu CM11, pełniący funkcje interfejsu. Komputer PC wyposażony w odpowiednie oprogramowanie (np. ActiveHome) umożliwia zaprogramowanie modułu CM11 posiadającego między innymi pamięć wewnętrzną, której zawartość jest podtrzymywana bateryjnie w przypadku zaniku napięcia zasilającego. Po odłączeniu od komputera moduł samodzielnie realizuje wszystkie zaprogramowane funkcje. Po ponownym połączeniu z komputerem PC można zaktualizować listę poleceń lub odczytać przebieg pracy.

3. STANDARD EIB

EIB (ang. European Installation Bus) cechuje się rozdzieleniem sygnałów pomiarowych i sterujących od obwodów zasilania energetycznego poszczególnych odbiorników [4, 8]. Sygnały te przesyłane są dwużyłowym przewodem stanowiącym magistralę EIB, który zasilany jest napięciem stałym o wartości nominalnej 24V. Napięcie to wykorzystywane jest zarówno jako nośnik informacji (odpowiednio zmodulowane), jak i zasilanie dla układów odpowiedzialnych za transmisję sygnału. Wszystkie urządzenia podłączone do magistrali EIB zostały podzielone na dwie grupy:

- czujników – wysyłających informacje o stanie łączeń lub wartościach mierzonych wielkości fizycznych,
- elementów wykonawczych – realizujących zadania na podstawie informacji pochodzących od czujników.

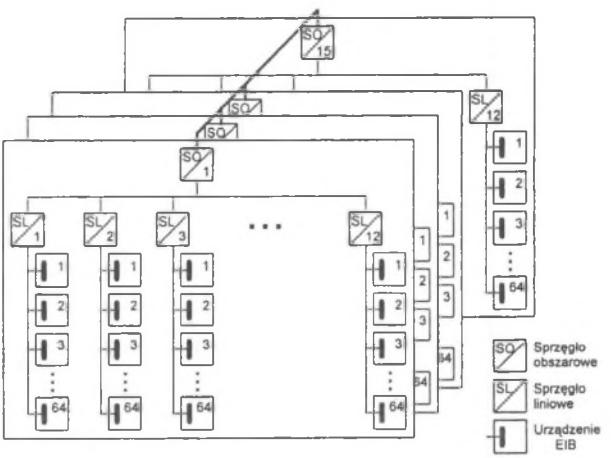
Na rys.3 zilustrowano sposób łączenia urządzeń z magistralą EIB.



Rys.3. Połączenia elementów w standardzie EIB
Fig.3. EIB standard element connections

W każdym urządzeniu standardu EIB można wyodrębnić układ interfejsowy (ang. Bus Coupling Unit) oraz moduł aplikacyjny. Układ interfejsowy wyposażony jest między innymi w mikroprocesor z pamięcią zawierającą odpowiednie oprogramowanie oraz moduł We/Wy. Natomiast moduł aplikacyjny wykonuje działania charakterystyczne dla danego urządzenia (np. pomiar temperatury, natężenia światła, zwieranie lub rozwieranie styków). Tego rodzaju właściwości urządzeń EIB pozwalają realizować funkcje inteligencji rozproszonej.

Z punktu widzenia topologii standardu EIB [12] najmniejszą jednostką jest linia, do której można dołączyć do 64 urządzeń. Przy wykorzystaniu elementów sprzęgających (sprzęgła liniowe) można połączyć ze sobą maksymalnie 12 linii w jeden obszar. Dalszą rozbudowę systemu uzyskuje się za pomocą sprzęgieł obszarowych pozwalających na połączenie do 15 obszarów. W przypadku konieczności podłączenia do linii więcej niż 64 elementów jako element 64 wykorzystuje się wzmacniacz liniowy umożliwiający wydłużenie linii o następne 64 urządzenia. Topologię standardu EIB przedstawia rys.4.



Rys.4. Topologia standardu EIB
Fig.4. EIB standard topology

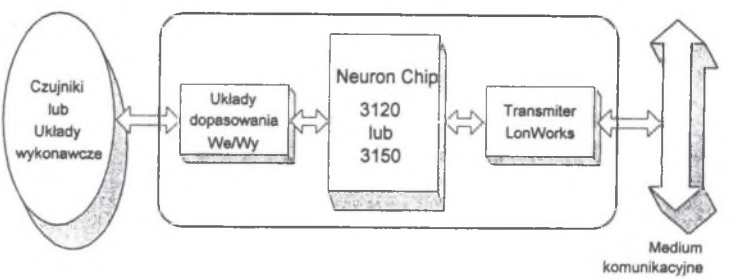
Każde urządzenie EIB posiada własny adres fizyczny składający się z trzech liczb: NO.NL.NE, gdzie NO jest numerem obszaru, NL – numerem linii, NE – numerem elementu w linii. Wymiana informacji odbywa się z reguły lokalnie, tj. w obrębie jednej linii, z wykorzystaniem procesu kontroli dostępu do magistrali typu CSMA/CA. Każdy element, do którego kierowany jest telegram, potwierdza jego otrzymanie. W przypadku braku potwierdzenia element nadający powtarza transmisję trzykrotnie i jeżeli w dalszym ciągu nie otrzyma potwierdzenia, przerywa transmisję oraz zapamiętuje informację o błędzie.

Sprzęgła liniowe i obszarowe pełnią również funkcje filtrów - wzmacniaczy dla przesyłanych informacji. W chwili uruchomienia systemu w sprzęgle zapisywana jest tzw. tablica filtracyjna, determinująca które telegramy należy wzmocnić i przekazać dalej, a które

wytłumić. Przykładowo, jeśli telegram wysyłany przez element linii 1 jest przeznaczony dla elementu linii 2, dochodzi on do sprzęgła liniowego 1 i zostaje przez nie dopuszczony do linii głównej. Następnie przechodzi przez sprzęgło liniowe 2 i zostaje odebrany przez element linii 2. W tym czasie sprzęgła liniowe 3-12 blokują przedostanie się telegramu znajdującego się w linii głównej do swoich linii. Dzięki temu w obrębie tych linii może się odbywać niezależna komunikacja. Analogiczny mechanizm funkcjonuje pomiędzy obszarami.

4. STANDARD LonWorks

Sieć sterowania LonWorks, opracowana przez amerykańską firmę ECHELON, jest typowym przykładem zdecentralizowanego, otwartego systemu automatyki o „rozproszonej inteligencji". Technologia LonWorks obejmuje wszystkie elementy (sprzęt, oprogramowanie) niezbędne do projektowania, realizacji i eksploatacji sieci.

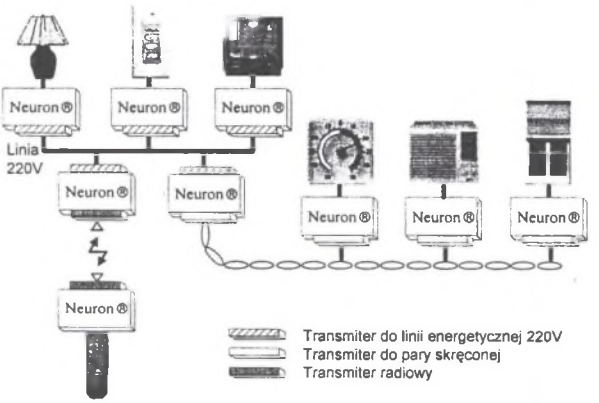


Rys.5. Schemat blokowy węzła sieci LonWorks
Fig.5. Block diagram of LonWorks network node

Podstawową jednostką sieci jest węzeł [7, 10] (może nim być np. przełącznik, czujnik, kontroler, komputer), zawierający specjalizowany procesor – Neuron Chip, zapewniający sterowanie, komunikację oraz obsługę układów wejścia/wyjścia wchodzących w skład węzła. Schemat blokowy typowego węzła sieci przedstawia rys.5.

Sieć LonWorks, której topologia nie jest narzucona, nie posiada wyróżnionych węzłów – wszystkie są równoprawne. Komunikacja między nimi może się odbywać przy wykorzystaniu różnych ośrodków przenoszenia informacji (skrętka, fale radiowe, podczerwień, sieć energetyczna itp.). Tego rodzaju możliwości od strony programowej zapewnia protokół komunikacyjny o nazwie LonTalk [6], oparty na 7-warstwowym modelu ISO/OSI, zaimplementowany w pamięci procesora Neuron. Natomiast od strony sprzętowej obsługa wielu typów mediów transmisyjnych jest możliwa dzięki odpowiednim zwrotnicom (ang. router) oraz pomostom (ang. bridge). Zawierają one dwa procesory Neuron połączone

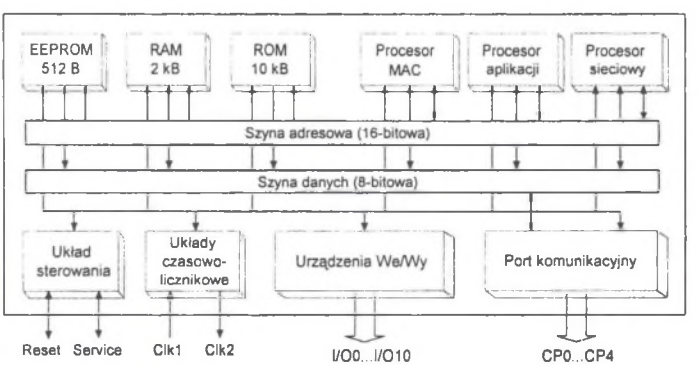
ze sobą portami WE/WY i współpracujące z transmiterami odpowiednimi dla danego fizycznego nośnika informacji. Na rys.6 przedstawiono przykład fragmentu sieci LonWorks.



Rys.6. Przykład sieci LonWorks
Fig.6. Example of LonWorks network

Maksymalne prędkości transmisji w zależności od zastosowanego nośnika informacji zawierają się w granicach od 4,9 kbit/s (dla fal radiowych) do 1,25 Mbit/s (dla skrętki, linii światłowodowej oraz kabla koncentrycznego).

Realizację funkcji węzła sieci zapewniają procesory Neuron [5, 9, 11] oferowane w wersjach 3120 oraz 3150, które różnią się głównie pojemnością pamięci wewnętrznej oraz tym, że układ 3150 posiada możliwość adresowania pamięci zewnętrznej. Procesory te produkowane są przez firmy: Motorola pod oznaczeniem MC143120, MC143150 oraz Toshiba jako TMPN3120, TMPN3150. Na rys.7 przedstawiono schemat blokowy procesora MC143120.



Rys.7. Schemat blokowy procesora Neuron MC143120
Fig.7. Block diagram of NeuronMC143120 processor

Układ MC143150 nie posiada wewnętrznej pamięci ROM, natomiast jego szyna adresowa i szyna danych wraz z sygnałami sterującymi są wyprowadzone na zewnątrz. Układ ten wykorzystywany jest w aplikacjach wymagających dużych pojemności pamięci. Użytkownik ma do dyspozycji 42kB pamięci zewnętrznej (z 64 kB zewnętrznej przestrzeni adresowej) na potrzeby własnego programu.

Każdy z układów Neuron posiada trzy 8-bitowe jednostki CPU, które niezależnie realizują specyficzne zadania. Procesor MAC (Media Access Control) nadzoruje dostęp do medium komunikacyjnego. Realizuje sterowanie odpowiednimi transmiterami oraz zapobiega kolizjom w sieci. Komunikacja z procesorem sieciowym odbywa się za pomocą buforów sieciowych wydzielonych we wspólnej pamięci. Procesor sieciowy realizuje funkcje zarządzania siecią, które obejmują między innymi obsługę zmiennych sieciowych, programowanych układów czasowo-licznikowych, adresowanie, kontrolę wymiany informacji, diagnostykę sieci. Komunikacja z procesorem MAC oraz procesorem aplikacji odbywa się za pomocą odpowiednich buforów (sieciowych i aplikacji) zawartych we wspólnym obszarze pamięci. Procesor aplikacji wykonuje program napisany przez użytkownika w języku Neuron C opartym na zasadach języka ANSI C odpowiednio rozszerzonym i zoptymalizowanym dla celów sterowania węzłem sieci LonWorks. Zaimplementowany protokół komunikacyjny LonTalk pozwala na wyeliminowanie procesu programowania w dziedzinie komunikacji, a tym samym na skupienie się na pisaniu programu aplikacji.

5. PODSUMOWANIE

Standard X-10 pomimo swoich ograniczeń związanych głównie z możliwością adresowania do 256 urządzeń, stosunkowo wolną transmisją, wydaje się spełniać współczesne wymogi dotyczące automatyki domowej w zakresie indywidualnego sterowania większością odbiorników elektrycznych średniej mocy oraz zautomatyzowania określonych funkcji. Charakteryzuje się przy tym prostą strukturą, otwartością i stosunkowo niską ceną poszczególnych elementów.

Instalacja EIB stosowana jest szeroko w Europie Zachodniej głównie w budownictwie użyteczności publicznej oraz coraz częściej w indywidualnym i wielorodzinnym budownictwie mieszkaniowym. Standard EIB jest wspierany przez kilkudziesięciu europejskich producentów, dzięki czemu dynamicznie się rozwija oraz wykorzystuje najnowsze rozwiązania techniczne.

Standard LonWorks w porównaniu z EIB posiada znacznie bardziej otwartą i różnorodną architekturę, co prowadzi do dużej elastyczności systemu. Natomiast pod względem funkcjonalności oba standardy są porównywalne.

LITERATURA

1. Boroń W.: Dokąd zmierza automatyzacja budynków. Mat. Konf. „Inteligentne Systemy Automatyzacji Budynków.", Katowice, 2001, s.7-22.
2. Davidson K.: Power-Line-Based Computer Control. The X-10 PL.513 Power Line Interface Module. Circuit Cellar Ink., May/June 1998, p.4-13.
3. Davidson, K.: The X-10 TW523 two-way power line interface. Circuit Cellar Ink., Sept.:Oct. 1988, p.34-35.
4. Drwal A., Jakubas W., Mikulik J., Żaba S.: Instabus EIB dla budynków inteligentnych. Pomiary Automatyka Robotyka, nr 11, 1999, s.8-12.
5. Jellonek K.: Procesor Neuron jako podstawowy element sieci LONwork. Elektronizacja, nr8-9, 1994, s.6-8.
6. Obuchowski R.: LONTALK – protokół komunikacyjny sieci kontrolno-sterującej LON. Elektronizacja, nr12, 1994, s.20-21.
7. Obuchowski R.: LONWORKS – rozwiązanie do obiektowych systemów automatyki, sterowania i kontroli. Elektronizacja, nr 11, 1994, s.2-5.
8. Petykiewicz P: Technika systemowa budynku instabus EIB. Podstawy projektowania. WZ Graf, Warszawa 1999.
9. LonWorks Technology Device Data Book. Motorola 1997.
10. LonWorks™ Products Data Book – 1995 edition. Echelon.
11. MC143150, MC143120 NEURON® CHIP Distributed Communications and Control Processors. Echelon, April 1994.
12. EIBA Handbook Series – Release 3.0. Volume 3: System Specifications. EIBA, 1999.
13. HomeVision Owner's Manual v.3.0. Custom Solutions, Inc. 1996-2000.

Recenzent: Dr hab. inż. Jerzy Bolikowski, prof. Uniwersytetu Zielonogórskiego
Wpłynęło do Redakcji dnia 1 grudnia 2001

Abstract

Dynamic development of new teleinformatics technology has made it possible to work out decentralized, open systems for administering buildings technical resources. Microprocessor-based control circuits and standardization of different installation components allow monitoring and controlling most of all building processes.

The paper presents the architecture and basic functional properties of X-10, EIB and LonWorks systems. The X-10 system makes it possible to control house automation devices over standard household wiring. Its installation and configuration are easy. Using the powerline carrier protocol, no new complex wiring will be required to install an X-10 system into a house. EIB comprises a two-wire busbar and the connected bus-compatible sensors, actuators and system components. Sensors are normally supplied from the busbar, while the actuators also use the 220/380V mains supply to control consumers. The busbar and mains supply are separated from one another. In LonWorks network each local point of control is called a node and contains a Neuron Chip processor, sense and control device, a transceiver and a power source. Thus the network is constituted by a set of intelligent nodes which communicate with each other using a standard communication protocol LonTalk.