ZESZYTY NAUKOWE POLITECHNIKI ŚLĄSKIEJ 1993

Seria: INFORMATYKA z. 24 Nr kol. 1222

Włodzimierz BOROŃ

PRZYSZŁOŚCIOWE UNIWERSALNE SIECI KOMPUTERÓW I INTELIGENTNYCH OBIEKTÓW NA PRZYKŁADZIE REALIZACJI STANDARDÓW TRON I LON

Streszczenie. Przedstawiono japoński Projekt TRON, którego celem jest ustalenie zbioru standardów określających architekturę komputerów działających w wysoce funkcjonalnym rozproszonym systemie HFDS umożliwiającym komunikowanie się komputerów i użytkowników w czasie rzeczywistym i łączącym komputery na całym świecie. Przedstawiono również architekturę lokalnej sieci sterowania LON, przeznaczonej do implementacji rozproszonych systemów sterowania zawierających tzw. inteligentne obiekty.

FUTURE UNIVERSAL COMPUTER NETWORKS AND INELLIGENT OBJECTS IN THE EXEMPLES OF THE REALIZATIONS OF TRON AND LON STANDARDS

Summary. The Japanese TRON project is presented. The objective of the project is to establish a set of specifications of an architecture of computers working in the highly funcionally distributed system - HFDS. The system offers the communication among computers and users and can span computers in the whole globe. The architecture of the local control network LON is presented. The network is aimed at implementing of distributed control systems with intelligent objects.

ZUKÜNFTIGE UNIVERSELLE NETZWERKE FÜR COMPUTERS UND INTELLIGENTE OBJEKTE AUF DEN BEISPIELEN VON TRON UND LON STANDARDS

Zusammenfassung. Das japanisches TRON Projekt wird vorgestellt. Das Projekt hat das Ziel, die Sammlung von Spezifikationen für Computerarchitekturen zu schafen. Computers können in einmen leistungsfähiges verteiltes System - HFDS arbeiten. Das System bietet die Kommunikation unter Computers und Benutzers und kann Computers weltweit verbinden. Die Architektur von local steuerung Netzwerk LON wird vorgestellt. Das Netzwerk implementirt verteilte Steuerungssysteme enthaltende intelligente Objekte.

1. Projekt TRON

Ocenia się, że jesteśmy w punkcie zwrotnym rozwoju techniki komputerowej. Jaki będzie więc następny etap rozwoju? Zdania na ten temat są podzielone. Jedni uważają, że głównym kierunkiem rozwoju będzie sztuczna inteligencja, inni twierdzą, że superkomputery. Bez wątpienia są to ważne kierunki rozwoju techniki komputerowej. Jednak naukowcy japońscy doszli do wniosku, że najważniejszym zagadnieniem do rozwiązania w najbliższej przyszłości jest opracowanie wysoce funkcjonalnych rozproszonych systemów komputerowych, które ogarną cały świat. Dla systemów tego rodzaju przyjęto nazwę HFDS (Highly Functionally Distributed System). HFDS obejmuje systemy komputerowe o różnych możliwościach obliczeniowych połączone w sposób luźny i umożliwiające oferowanie usług w sposób bardziej efektywny i bogatszy, niż gdyby te systemy komputerowe funkcjonowały niezależnie. Praktyczna implemantacja systemów HFDS jest celem Projektu TRON (The Real-Time Operating System Nucleus).

Projekt TRON rozpoczął się w 1984 r., a jego liderem został dr Ken Sakamura z Uniwersytetu Tokijskiego. Na skalę światową Projekt TRON zaistniał dopiero od 1987 r., gdy osiągnięto konkretne wyniki, które zostały szerzej zaprezentowane.

1.1. Rozwój Projektu TRON

Projekt TRON podjęty został w celu realizacji systemu HFDS ogarniającego cały świat. Takie przedsięwzięcie musi być realizowane etapami. Dlatego Projekt TRON został podzielony na części składowe w postaci podprojektów. Każdy podprojekt ma na celu ustalenie zbioru standardów określających architekturę komputerów o określonym przeznaczeniu

w realizacji wysoce funkcjonalnego rozproszonego systemu umożliwiającego komunikowanie się wszystkich komputerów i użytkowników w czasie rzeczywistym.
Podprojektami tymi są:

ITRON – którego celem jest budowa inteligentnych obiektów;
BTRON – którego celem jest budowa komputerów komunikacyjnych;
CTRON – którego celem jest budowa dużych komputerów i serwerów do zastosowania w sieci komputerów posiadających architekturę ITRON i BTRON;
MTRON – którego celem jest określenie zasad współpracy w sieciach komputerów posiadających architekturę ITRON, BTRON i CTRON.

Z innego punktu widzenia podprojekty można sklasyfikować w zależności od tego, z kim dane komputery będą komunikowały się. I tak:

ITRON – określa komunikację z maszynami;
BTRON – określa komunikację z człowiekiem - użytkownikiem systemu;
CTRON – określa komunikację z komputerami posiadającymi architekturę ITRON i BTRON;
MTRON – określa komunikację z wszystkimi komputerami systemu.

Podział na podprojekty, których celem jest zaproponowanie określonych architektur komputerów, wynika z konieczności spełnienia różnych wymagań stawianych komputerom w zależności od zastosowań, zwłaszcza wymagań dotyczących odpowiedzi w czasie rzeczywistym. Zadania wykonywane przez komputery posiadające architekturę ITRON wymagają szybkiej reakcji i dużego stopnia wieloprocesowości, ale każde zadanie jest raczej zadaniem numerycznym. Zadania wykonywane przez komputery posiadające architekturę BTRON nie wymagają zbyt szybkich reakcji, ale zadania są zwykle skomplikowane i zawierają przetwarzanie tekstowe i graficzne. Pojedyncza architektura komputera nie mogłaby objąć różnic wynikających z zastosowań i dlatego wybrano kilka architektur, aby spełnić wymagania rzeczywistych potrzeb.

1.2. Architektura otwarta

W Projekcie TRON przyjęto zasadę architektury otwartej, a więc otwartego standardu interfejsów, co pozwoli wszystkim na przyłączanie się do systemu HFDS. Pozwalając wielu firmom konkurować ze sobą w ofercie wyrobów kompatybilnych z otwartym standardem interfejsów, zwiększy się popularność systemu HFDS. System HFDS wymaga popularyzacji, aby obejmował jak najwięcej elementów, akumulujac inteligencje tych elementów. Standaryzacja w Projekcie TRON obejmuje zaledwie poziom koncepcji projektów, zatem realizator posiada dużą swobodę w budowie swojego systemu. Luźna standary-

zacja stanowi kompromis pomiędzy zachowaniem możliwości zastosowania najnowszych technik i technologii oraz zachowaniem kompatybilności różnych elementów systemu HFDS.

1.3. Jednostki centralne

Zgodnie z proponowanymi standardami Projektu TRON określającymi architekturę komputerów, japońskie firmy połprzewodnikowe wykonały już szereg układów scalonych VLSI CPU zawierających jednostki centralne. Układy te przeznaczone są do realizacji elementów systemu HFDS, a w szczególności wbudowanych systemów typu BTRON. Pierwsze wersje jednostek centralnych VLSI CPU są 32-bitowe, ale możliwe jest łatwe rozwinięcie projektu na jednostki VLSI CPU 64-bitowe. Zbiór instrukcji obejmuje wymagania architektury ITRON i BTRON. W projektach układów scalonych pozostawiono wolne miejsca na wbudowanie czujników, co w przyszłości pozwoli jeszcze bardziej zintegrować budowane systemy.

1.4. Wbudowane systemy sterowania

Celem Podprojektu ITRON (Industrial-TRON) jest opracowanie standardów określających architekturę komputerów do zastosowań we wbudowanych systemach sterowania inteligentych obiektów, czyli urządzeń, które mogą wykonywać złożone funkcje dzięki inteligencji wbudowanych małych i tanich komputerów i czujników. W ramach tego projektu opracowano standard wielozadaniowego systemu operacyjnego czasu rzeczywistego, w którym zminimalizowany jest czas dostępu do zadania. Proponowana architektura komputerów posiada już implementacje w postaci jednostek centralnych VLSI CPU. W Projekcie ITRON uwzgledniono architektury obecnie dostepnych mikroprocesorów, w wyniku czego mikrokomputery te mogą być efektywnie stosowane w systemie HFDS. Dla danego zastosowania system operacyjny może być ograniczony tylko do niezbędnych funkcji, co daje oszczędność miejsca w pamięci komputera. Komputery ITRON, jako dostosowane do systemu HFDS, wykorzystują ten sam format danych, co komputery bazujące na architekturze BTRON. Oprogramowanie dla komputerów ITRON może być rozwijane na stacjach roboczych o architekturze BTRON.

1.5. Interfejs człowiek – maszyna

Celem podprojektu BTRON (Business-TRON) jest opracowanie standardów określających architekturę komputerów służących do komunikacji użytkownika z elementami systemu HFDS. W ramach tego projektu opracowano standard systemu operacyjnego czasu rzeczywistego oraz standard interfejsów człowiek-maszyna MMI (Man-Machine Interface). Standard interfejsów MMI ujednolica sposoby komunikacji użytkownika z systemem HFDS. Ujednolicone interfejsy MMI zastosowane w różnych komputerach powinny spowodować zmniejszenie nakładów na nauczanie obsługi tych komputerów. Ustalone standardy interfejsów MMI obejmują szeroki zakres urządzeń, ponieważ zgodnie z założeniami Projektu TRON interfejsy te będą stosowane w różnorodnych urządzeniach poczynając od aparatów telefonicznych, poprzez inteligenty sprzęt gospodarstwa domowego, aż do dużych stacji roboczych. Komputery posiadające architekturę BTRON umożliwiają symulację różnorodnych struktur danych, przetwarzanie dokumentów oparte na odpowiednich modelach danych oraz uwzględnienie różnych sposobów przetwarzania informacji wyjściowej w postaci tekstów drukowanych w języku i formie dostosowanej do wymagań użytkownika. Klawiatura jest najczęściej używanym interfejsem MMI pomiędzy użytkownikiem i systemem HFDS. Dlatego specjalną uwagę zwrócono na zaprojektowanie klawiatury. Ponieważ Projekt TRON rozpoczął się w Japonii, nowa klawiatura typu TRON opracowana została zgodnie z pomiarami rąk człowieka, przeprowadzonymi w Japonii i analizą częstotliwości występowania znaków pisma w dokumentach japońskich. Nowa klawiatura jest łatwa w użyciu i powoduje mniejsze zmęczenie w porównianiu ze starymi rozwiązaniami. Jako urządzenie wskazujące na ekranie monitora, zastosowane zostało elektroniczne pióro, stosowane również do rysowania figur lub znaków.

1.6. Bazy danych i przetwarzanie

System HFDS nie może być zbudowany tylko za pomocą komputerów typu ITRON i BTRON. Niezbędne są również duże komputery lub specjalizowane serwery, aby mogły objąć bardzo duże bazy danych, duże zadania obliczeń numerycznych oraz złożone węzły sieciowe. Opracowanie standardów określających architekturę komputerów służących do wymienionych zastosowań jest celem projektu CTRON (Central-TRON). Komputery posiadające architekturę CTRON mogą wykonywać zadania, które obecnie wykonują duże komputery lub superminikomputery. Opracowany system operacyjny dla komputerów CTRON jest systemem wielodostępnym, jednak nie przewiduje się zastosowania bezpośredniego interfejsu MMI, gdyż komunikację człowiek - maszyna zapewniają komputery typu BTRON.

1.7. Zarządzanie systemem HFDS

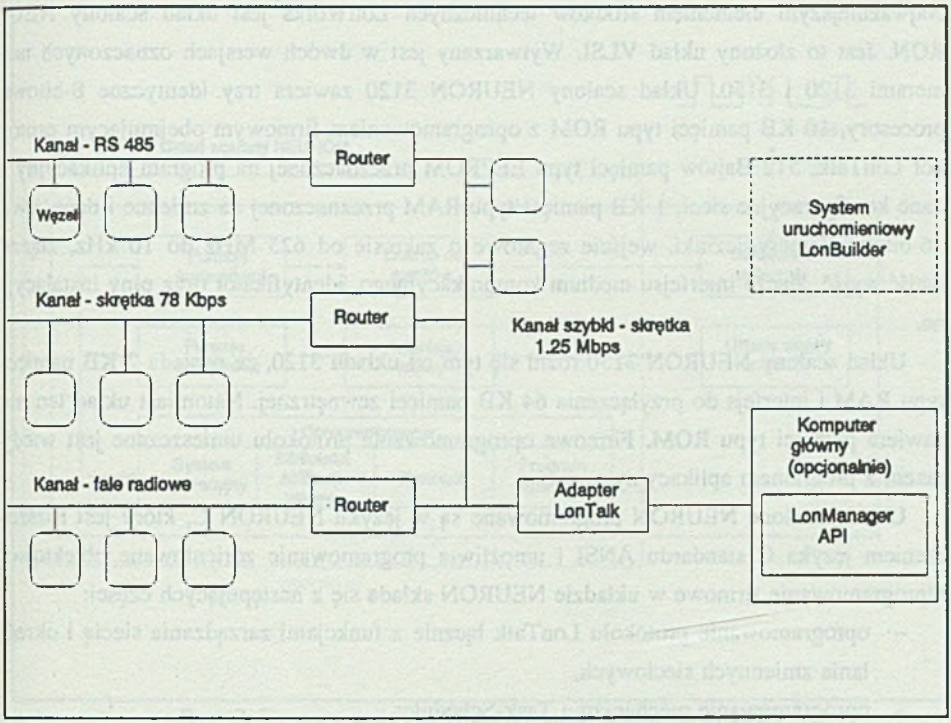
Kluczem do realizacji systemu HFDS jest podprojekt MTRON (Macro-TRON). Celem tego podprojektu jest opracowanie metodologii budowy systemu operacyjnego dla wielkich sieci komputerowych, z których będzie składał się system HFDS. Zadaniem tego systemu będzie np. dynamiczna zmiana topologii sieci, optymalizacja obciążenia sieci, wykrywanie uszkodzeń i podejmowanie odpowiednich działań w celu ich usunięcia. Opracowane standardy powinny umożliwić budowę systemu operacyjnego dla sieci komputerowych zawierających miliony komputerów.

2. Lokalna sieć sterowania LON

Również w USA i Europie prowadzone są prace standaryzujące w kierunku integracji sieci komputerowych. Powstają również praktyczne realizacje interfejsów sieciowych, protokołów i całych systemów. W zakresie systemów sterowania odpowiadających systemom typu ITRON w projekcie TRON, istnieje szereg standardów magistral systemowych umożliwiających realizację rozproszonych systemów sterowania, np.CAN, CEBus, SP-50, Profibus, Bitbus. Każdy standard magistrali promowany jest przez grupę firm oferujących produkty z interfejsem zgodnym z tym standardem. Jednak coraz więcej firm produkujących urządzenia kontrolno-pomiarowe lub całe systemy sterowania kieruje swoje zainteresowania na całkowicie niezależną ofertę nowej lokalnej sieci sterowania o nazwie LON (Local Operating Network), amerykańskiej firmy Echelon. Sieć ta charakteryzuje się radykalnie innym sposobem realizacji, co może wyeliminować dotychczas rozwijane rozwiązania magistral systemowych w wielu dziedzinach zastosowań.

2.1. Architektura sieci LON

Sieć LON została opracowana z myślą o bardzo szerokim zastosowaniu w różnych dziedzinach techniki. Sieć składa się z inteligentnych węzłów realizujących funkcje zbierania danych, sterowania i komunikacji z innymi węzłami sieci. Komunikacja może być realizowana za pomocą różnych mediów komunikacyjnych z zastosowaniem specjalnego protokołu. Protokół ten umożliwia rozproszoną komunikację typu peer-to-peer, a więc możliwe jest bezpośrednie komunikowanie się poszczególnych węzłów sieci. Nie jest wymagana centralna stacja sterowania (rys. 1).



Rys. 1. Sieć LON obejmująca różne media komunikacyjne
Fig. 1. The LON network distributed over different communications media

Inteligentne węzły sieci zawierają:

- czujniki lub urządzenia wykonawcze,
- jednostkę przetwarzania informacji,
- interfejs umożliwiający przyłączenie do medium komunikacyjnego.

2.2. Środki techniczne LonWorks

Środki techniczne LonWorks zawierają wszystkie elementy niezbędne do projektowania, realizacji i utrzymania w działaniu sieci LON. Fizyczną część węzłów tworzą układy scalone NEURON i moduły interfejsu medium komunikacyjnego. Protokół LonTalk zapewnia niezawodną komunikację i interoperacyjność między urządzeniami tworzącymi węzły sieci. Routery LonWorks pozwalają tworzyć sieci zawierające dużą liczbę węzłów połączonych z różnymi mediami komunikacyjnymi. Dodatkowo system uruchomieniowy LonBuilder umożliwia szybkie opracowanie urządzeń i całych sieci, oferując zintegrowane środowisko uruchomienia łącznie z emulacją układów scalonych NEURON wbudowanych w węzły sieci.

Najważniejszym elementem środków technicznych LonWorks jest układ scalony NEURON. Jest to złożony układ VLSI. Wytwarzany jest w dwóch wersjach oznaczonych numerami 3120 i 3150. Układ scalony NEURON 3120 zawiera trzy identyczne 8-bitowe procesory, 10 KB pamięci typu ROM z oprogramowaniem firmowym obejmującym protokół LonTalk, 512 Bajtów pamięci typu EEPROM przeznaczonej na program aplikacyjny i dane konfiguracyjne sieci, 1 KB pamięci typu RAM przeznaczonej na zmienne i dane, dwa 16-bitowe Timery/liczniki, wejście zegarowe o zakresie od 625 MHz do 10 kHz, złącze wejść/wyjść, złącze interfejsu medium komunikacyjnego, identyfikator oraz piny instalacyjne.

Układ scalony NEURON 3150 różni się tym od układu 3120, że posiada 2 KB pamięci typu RAM i interfejs do przyłączenia 64 KB pamięci zewnętrznej. Natomiast układ ten nie zawiera pamięci typu ROM. Firmowe oprogramowanie protokołu umieszczane jest wtedy razem z programem aplikacyjnym.

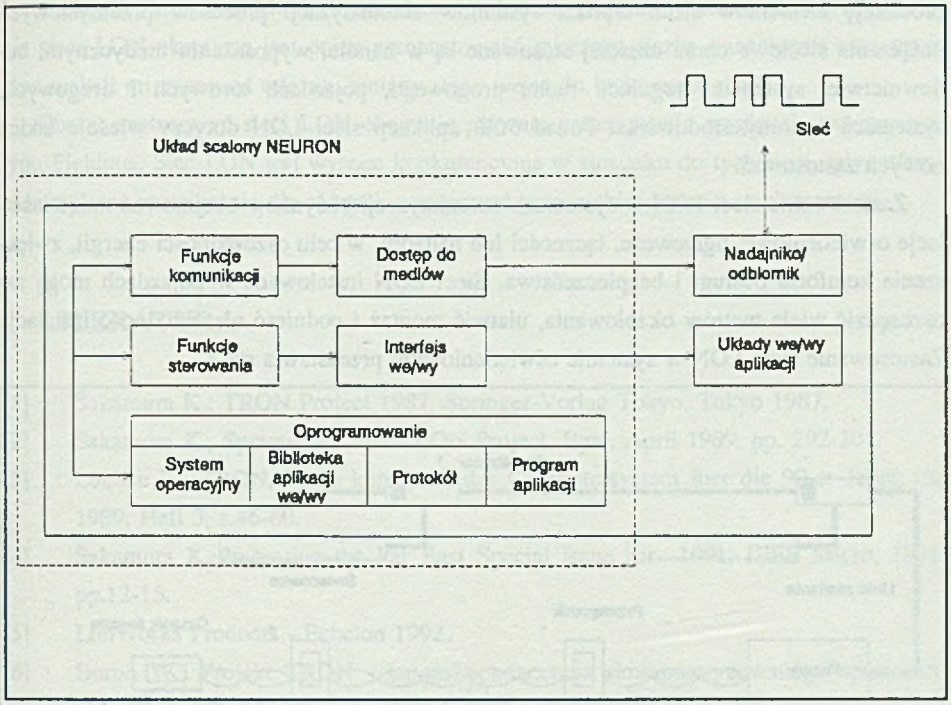
Układy scalone NEURON programowane są w języku NEURON C, który jest rozszerzeniem języka C standardu ANSI i umożliwia programowanie zorientowane obiektowo. Oprogramowanie firmowe w układzie NEURON składa się z następujących części:

- oprogramowanie protokołu LonTalk łącznie z funkcjami zarządzania siecią i określania zmiennych sieciowych,
- oprogramowanie mechanizmu Task-Scheduler,
- programy bloków funkcyjnych obsługi wejść/wyjść,
- biblioteki funkcji przetwarzania, kontroli i sterowania.

Przykład węzła sterowania sieci LON z zastosowaniem układu scalonego NEURON przedstawia rys. 2.

2.3. Protokół LonTalk

Protokół LonTalk zaprojektowany został w celu niezawodnego przesyłania krótkich komunikatów sterowania poprzez różne media komunikacyjne. Protokół LonTalk jest zgodny z modelem odniesienia OSI określonym przez Międzynarodową Organizację Standaryzacji (ISO) i obejmuje wszystkie siedem warstw tego modelu. Protokół umożliwia komunikację z zastosowaniem takich mediów, jak: skrętka, linia zasilania, kabel koncentryczny, fale radiowe, podczerwień, światłowody. Dla każdego medium komunikacyjnego opracowane zostały specjalne interfejsy. Fizyczne medium komunikacji nazywane jest kanałem, który służy do przesyłania pakietów. Sterowanie przesyłaniem pakietów odbywa się z zastosowaniem adresacji hierarchicznej. Górnym poziomem hierarchii adresów jest domena. Drugim poziomem adresacji jest podsieć. Domena może zawierać do 225 podsieci. Podsieć jest logicznym zbiorem węzłów przyłączonych do jednego lub większej liczby



Rys. 2. Typowy węzeł sterowania rozproszonej sieci LON
Fig. 2. The typical control node of distributed LON network

kanałów. Trzecim poziomem adresacji jest węzeł. Podsieć może zawierać do 127 węzłów. Węzły mogą tworzyć grupy. Grupa węzłów może obejmować szereg podsieci w obrębie domeny. Przynależność do grup określa liczbę węzłów jednocześnie otrzymujących komunikaty. Oprócz tego każdy węzeł posiada unikalny adres, którym jest identyfikator ID układu scalonego NEURON.

W celu ujednolicenia projektowania aplikacji wprowadzono listę tzw. zmiennych sieciowych SNVT (Standard Network Variable Types), zawierającą około 100 rodzajów jednostek, zakresów i dokładności. Zmienna sieciowa przypisana jest jednemu węzłowi i może być dostępna dla innych węzłów. Zmienne sieciowe węzła określają jego wejścia i wyjścia z punktu widzenia sieci i pozwalają rozsyłać dane w rozproszonym systemie.

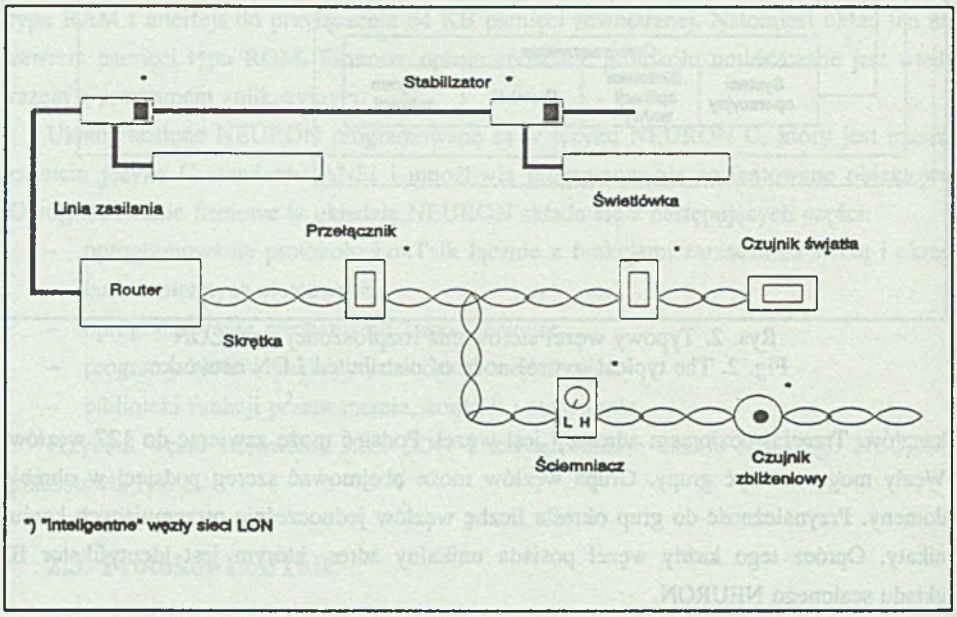
Protokół LonTalk zaimplementowany został w całości w układzie scalonym NEURON.

2.4. Zastosowania

Sieć LON charakteryzuje się niskimi kosztami sprzętu, uruchamiania i integracji. Różne dziedziny zastosowań sprzyjają dodatkowemu obniżeniu kosztów ze względu na masową

produkcję elementów sieci. Oprócz systemów automatyzacji procesów przemysłowych połączenia sieciowe coraz częściej stosowane są w handlu, wyposażeniu medycznym, budownictwie, systemach regulacji ruchu drogowego, pojazdach torowych i drogowych, systemach ochrony środowiska. Ponad 50% aplikacji sieci LON dotyczy właśnie takich nowych zastosowań.

Zastosowanie sieci LON w systemach automatyzacji budynków obejmować może instalacje oświetleniowe, ogrzewcze, łączności lub nadzoru, w celu oszczędności energii, zwiększenia komfortu obsługi i bezpieczeństwa. Sieci LON instalowane w pojazdach mogą zaoszczędzić wiele metrów okablowania, ułatwić montaż i podnieść niezawodność instalacji. Zastosowanie sieci LON w systemie oświetleniowym przedstawia rys.3.



Rys. 3. Zastosowanie sieci LON w systemie oświetleniowym
Fig. 3. The aplication of LON network in lighting system

2.5. Porównanie

Podstawową różnicą pomiędzy siecią LON a sieciami lokalnymi typu LAN jest to, że sieci LAN projektowane są w celu przesyłania danych (dokumenty, obrazy, bazy danych) między komputerami, a nie do tworzenia systemów sterowania na poziomie czujników i urządzeń wykonawczych. Jakość działania sieci LAN jest określana przez przepustowość, zwykle mierzoną w Mbit/s. Sieć LON została zaprojektowana w celu przesyłania krótkich

komunikatów, które zawierają zwykle dane i polecenia podejmowania akcji. Jakość działania sieci LON określana jest przez przepustowość mierzoną liczbą transakcje/s oraz przez czas reakcji mierzony od odczytu zmiany stanu wejść do wykonania akcji.

Obszar zastosowań sieci LON obejmuje głównie zastosowania magistral systemowych typu Fieldbus. Sieć LON jest wysoce konkurencyjna w stosunku do tych sieci, gdyż oferuje kompletne rozwiązania dla różnych zastosowań przy niskim koszcie implementacji.

LITERATURA

[1] Sakamura K.: TRON Project 1987, Springer-Verlag Tokyo, Tokyo 1987.

[2] Sakamura K., Sprague R.: The TRON Project, Byte, April 1989, pp. 292-301.

[3] Luebke R.: TRON, Japan konzipiert das Computersystem fuer die 90-er Jahre, c't, 1989, Heft 3, s.46-60.

[4] Sakamura K.:Presenting the Far East Special Issue for 1991, IEEE Micro, 1991, pp.12-15.

[5] LonWorks Products - Echelon 1992.

[6] Boroń W.: Projekt TRON - japońska koncepcja skomputeryzowanego społeczeństwa. Komunikat Naukowy nr 2/132, Katowice 1993.

Recenzent: Prof. dr hab. inż. Andrzej Grzywak

Wpłynęło do redakcji 21 września 1993 r.

Abstract

The Japanese TRON project is presented. The objective of the project is to establish a set of specifications of and architecture of computers working in the highly funcionally distributed system - HFDS. The system offers the communication among computers and users and can span computers in the whole globe. The TRON Project has the following subprojects:

- ITRON is to build the intelligent objects,
- BTRON is to build the communication machine,

- CTRON is to build mainframes and servers to be used in the networks of based on ITRON and BTRON architecture,
- MTRON is to control the cooperation in these networks.

The architecture of the local control network LON is presented. The LON network is aimed at implementing of distributed control systems (Fig. 1). Each node in the network contains embedded intelligence that implements the protocol, perfoms the control functions and includes a media interface (Fig. 2). The LON network consists of complete solutions for a broad range of the applicationes from factory automotion systems to building control and consumer electronics. The applications of LON network in lighting system shows Fig. 3.