

Advantages of the QNX Operating System and its Network Systems in Distributed Object Installations of DCS MASTER System

Authors

Antonina Kieleczawa
 Radosław Izakiewicz
 Piotr Pietras
 Michał Białecki
 Roman Skakowski
 Wojciech Szubert
 Edward Ziąja

Keywords

QNX operating system, real-time systems, automation systems, user interface

Abstract

The paper presents the most important properties of the QNX system used in servicing the Distributed Control System (DCS) MASTER. Operating systems with a monolithic structure and microkernel systems are distinguished. The QNX system is a microkernel system. The QNX microkernel supports its system processes, as well as the DCS MASTER processes, with the ability to manage their execution on its own. In addition, various file systems are presented, including the power failure-proof QNX6 file system and reliable communication systems, both corporate and universal, based on QNET, TCP/IP and UDP/IP protocols. These systems enable access to distributed disk resources of the MASTER system stations and controllers. They provide tools to support large-size graphic displays and to implement local and remote diagnostic and servicing operations.

DOI: 10.12736/issn.2330-3022.2019107

Received: 28.02.2019

Received in revised form: 07.05.2019

Accepted: 07.06.2019

Available online: 30.08.2019

1. Introduction – Real Time Systems

The Real Time Systems (RTS) are computer systems whereby calculations are carried out in parallel with the course of external technological processes thereby supported. They are aimed at the supervision and control of, and timely response to, events occurring in these processes.

The time factor is present in every computer system operation. In some systems it may be of little importance, but in the real-time systems it is the most critical factor in the system operation's effectiveness and security. For example, when working with a text editor, the delay in a response to typing a character may be at most annoying, but the failure to detect a wheel slip and a delayed response of the vehicle controlling on-board computer may result in much more serious effects. It is similar to systems of control and regulation of the technological

processes occurring in the generation of heat and power (such systems are subject to studies of Institute of Power Systems Automation Ltd. – IASE). The DCS MASTER is a complex, functionally and organizationally multi-layered structure for which the choice of the operating platform is extremely important. The operating system's tasks include the management of input/output devices, starting and handling processes, including the implementation of concurrent processes and their threads, as well as the implementations of file systems and communication protocols.

2. Polish automation system DCS MASTER – general outline

The Polish automation system, developed by IASE, evolving from the SCADA to the DCS MASTER models, has been developed

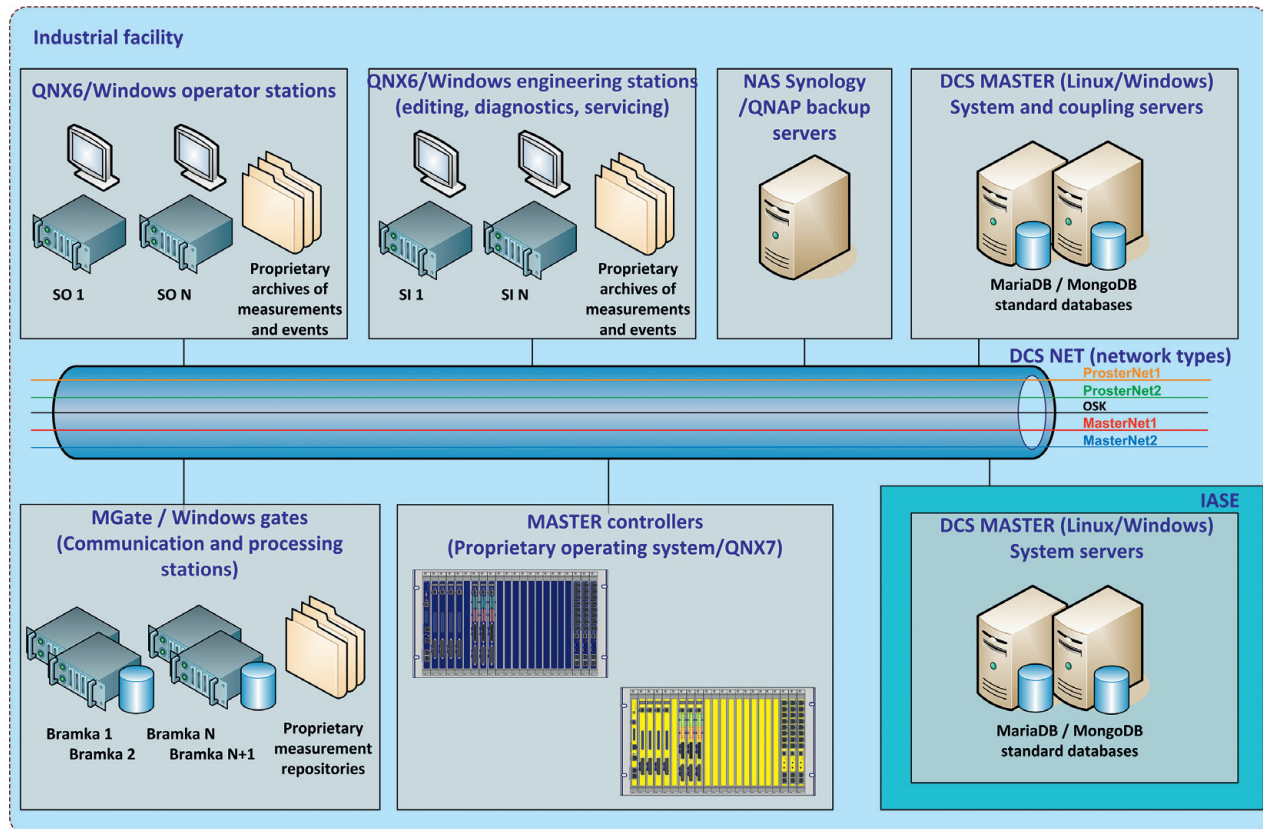


Fig. 1. The overall structure of the DCS MASTER

for over 30 years by top-class specialists and developers from various disciplines.

The automation system's basic application is to support operators and operation management engineers in servicing object-oriented technological processes. Modern operator stations, equipped with operator panels, monitors and other graphical displays, are located in dispatch centres also known as control rooms. The other DCS MASTER resources including computer cabinets with operator stations and controllers' process cabinets are mounted in other technical rooms.

The DCS MASTER is an RTS system. In the 1990s the QNX operating system was chosen for the MASTER automation system. It allowed a relatively easy implementation of the interoperability of multiple automation devices of various manufacturers, used to measure various electrical, thermal and other parameters in IASE-serviced power facilities, into the MASTER system. The QNX system enabled the implementation of user procedures to handle computer hardware interrupts, develop own timers that enable running user processes at specified times and in specific cycles, which is an important requirement of real-time systems. In total, more than 50 different automation devices and controllers have been implemented in the MASTER system, including proprietary controllers with various standard and proprietary protocols. Over time, most of these devices have been supplanted by newer products, equipped with the recommended standard protocols: Modbus/RTU, Modbus TCP/IP, Profibus, ProfiNet, DNP3, OPC and others. The overall structure of the DCS MASTER system is shown in Fig. 1.

The QNX operating system was developed before 1980 by Quantum Software Systems in Canada. The company was later renamed QNX Software Systems and acquired in 2010 by the Canadian BlackBerry corporation. The QNX system is one of the brightest pearls of the Canadian company, and tailor-made real-time systems in the QNX environment will always be needed in key applications. These systems drive, among others, hydroelectric, thermal, wind and nuclear power plants support banking and postal systems, ophthalmologic clinics and automotive industry, which has so far installed QNX in over 50 million cars [2].

3. Advantages of microkernel operating system architecture

The basic function of each operating system is resource management. This function is performed by systems with various structures. Two basic system patterns can be distinguished: monolithic and microkernel.

In a **monolithic system** (Fig. 2) basic system functions, such as process scheduling, device, memory and communication operation are placed in a single software module called the kernel. Fragments of the kernel code are executed as a result of system call interrupts and runs. The kernel is not subject to scheduling and a failure within it results in a failure of the entire system. Microkernel is not a process but a module that creates a framework in which processes can exist. Compared with a monolithic system, a **microkernel architecture system** (Fig. 3) has many advantages, including:

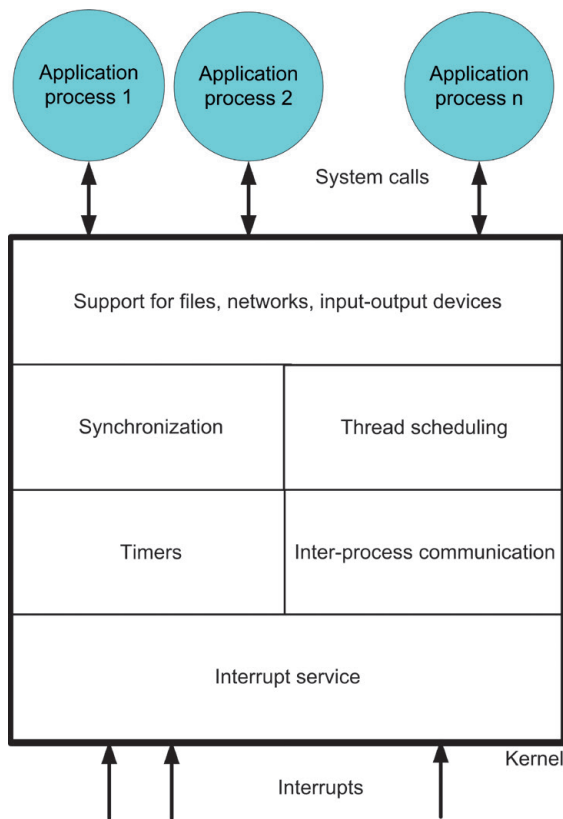


Fig. 2. Monolithic operating system structure

- system **processes scheduling** by way of prioritising, including favouring the processes of managing input/output devices that require short reaction times
- **system modularity**, definitely increasing the operational reliability, manifested in the division of a monolithic structure into separately developed, run and tested processes

- **mutual isolation of system processes**, manifested in the fact that each process is performed in a separately protected segment of the address space and a failure of one of them is not transferred to other processes
- **ability to dynamically start and stop** system processes, as well as utility processes, without the need to restart the operating system.

Microkernel systems' disadvantages include slightly lower average performance due to more task context switches, which in the modern world of very fast computers ceases to be a disadvantage.

The QNX6 Neutrino system is a microkernel system (Fig. 4). It is made up of a module called a microkernel and a set of system processes that implement the aforementioned services for application processes, in this case the MASTER system processes. System and application processes do not differ in substance, they only have different priorities and privileges.

Processes communicate with each other using various inter-process communication (IPC) mechanisms and are subject to scheduling [1]. Operations such as: memory management, process scheduling, timer implementation, ensuring inter-process communication and interrupt service belong to the microkernel. Therefore, the QNX system can be considered as a set of communicating processes.

4. QNX6 system preferences for use in RTS systems

The new DCS MASTER installations are deployed under the QNX6 system with Neutrino microkernel.

The most important QNX6 system features include:

- microkernel's identical support of QNX6 system processes and MASTER system application processes
- ability to manage the execution of user processes through priorities and scheduling algorithms

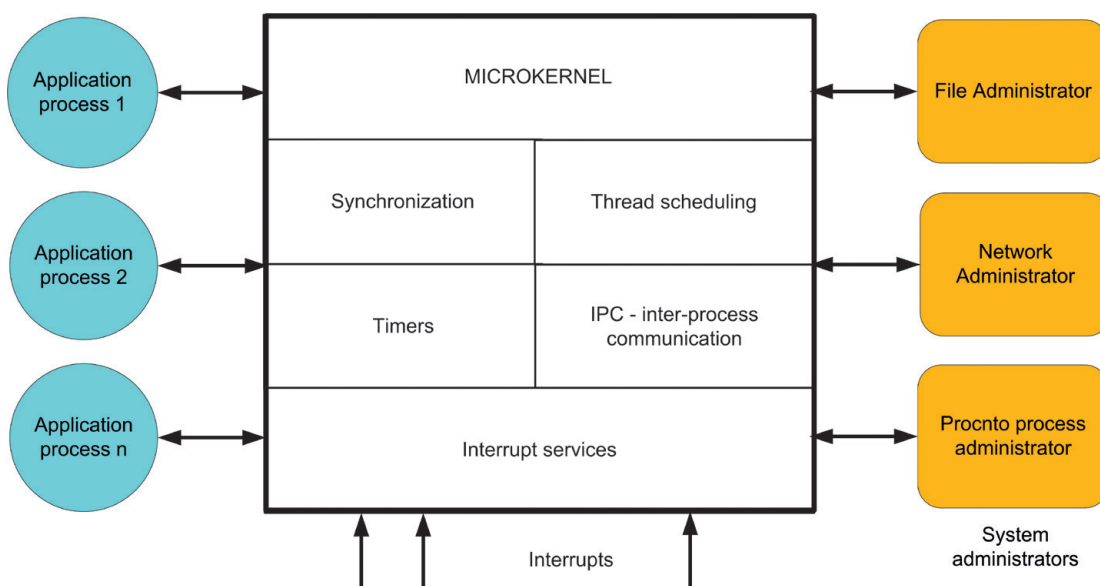


Fig. 3. Microkernel operating system structure

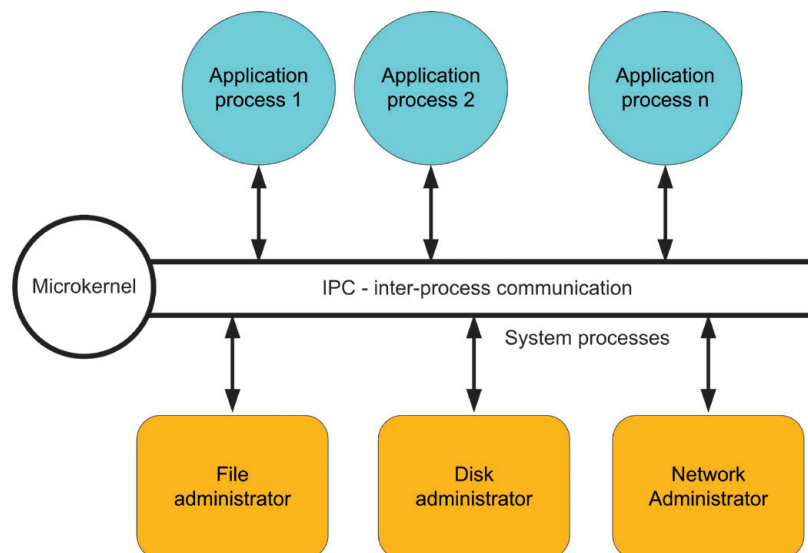


Fig. 4. QNX6 Neutrino system structure



Fig. 5. QNX6-Qnet protocol – transparent access to operator station files in the local network

- simple implementation of various file systems, including the power failure-proof QNX6 file system
- extremely fast, proprietary QNX6-Qnet communication system for transparent access to disk resources of computers in the local network
- universal IPv4 and IPv6 communication system implemented on the basis of TCP/IP protocols.

4.1. Scheduling processes and their threads in Neutrino QNX6 system

Each application process executed in the system has a priority ranging from 1 to 63. The lowest zero priority has the idler process, undertaken when there are no execution-ready threads in the system. There may be more processes and their threads with the same priority in the system, which is why a thread scheduling strategy has been added.

The QNX6 system features include:

- **Round Robin Scheduling** consisting in the allocation of a time quantum for the executing thread
- **FIFO Scheduling** similar to round robin scheduling, except that once the quantum of time is exhausted, the thread is not expropriated until it spontaneously releases the processor or is expropriated by a thread with a higher priority
- **Sporadic Scheduling** with oscillating priority during the thread execution from the initial priority to the pre-set, lowered priority.

4.2. File system

In the QNX6 Neutrino system, many different file systems are implemented that can co-exist simultaneously. They are supported by independent system processes, so-called resource administrators that support standard file-handling commands such as open, read, write and close. Each file system includes a fragment of the name space and supports the directory and file

tree below its mount point. This file system construction is characterized by:

- any file systems can be started and stopped dynamically during system operation
- a file system executed on one network node may be transparently available in another node.

5. QNX6-QNET communication protocol and TCP/IP network standard

Both communication systems in the QNX6 system coexist on the same communication media in the area of local networks. The universal TCP/IP system can reach beyond local media to a wide area network. The system-wide QNX6-Qnet protocol is used to communicate within the local computer and network resources. In the QNX Neutrino system, standard protocols (TCP, UDP)/IP are implemented with a set of generally known inter-system services (such as ftp, telnet, time) and QNX6 system services (phindows, phditto, phrelay). The QNX system services, exclusively or in conjunction with the generally recognised services of the TCP communication system, are used to handle large-size displays and to perform local or remote diagnostic and service work.

6. DCS MASTER system's user interface in PHOTON graphic environment

The Photon MicroGUI (Photon Micro Graphical User Interface) is a great achievement of the QNX company. It is a very compact and fast (45 kB) complete graphical interface solution intended for embedded systems and computer systems.

6.1. General remarks on the DCS MASTER user interface

The purpose of technological process control centres is to observe and control various processes and to issue control commands. Most often the operators are responsible for identifying potential problems and initiating appropriate actions, which is why proper design of control centres, also known as dispatch or control rooms,



Photo 1. View of an old control room with control and measurement devices

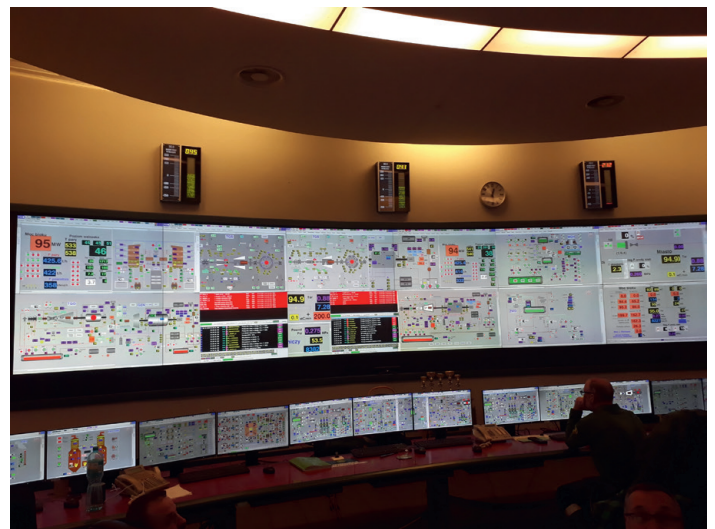
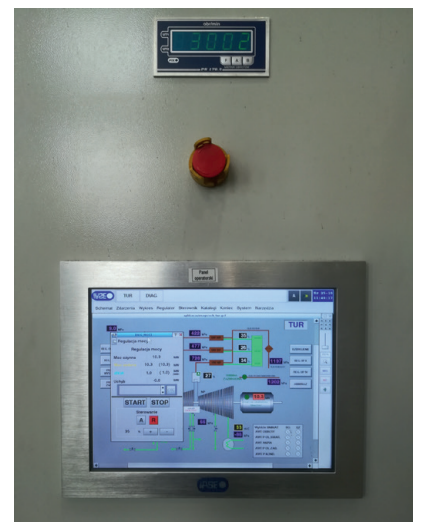


Photo 2. View of a modern DCS MASTER control room with a graphic wall



Photo 3. Fragment of a modern DCS MASTER control room with LCD monitors and a touch panel



is of the utmost importance. The widespread use of computers in private life has substantially increased user requirements for automation systems' operational functionality and simplicity. The DCS MASTER development has continued to this day in all its areas, i.e. current object-oriented technologies, data transfer techniques, computer and network hardware, programming practices and functional capabilities, including development of the MASTER system's operating interface. Simple, functional and user-friendly interface is the crowning of all advantages of the automation system, which pays off with approval of direct users, i.e. operators servicing technological processes. It allows, inter alia, quick response and procurement of relevant information about the object situation at critical moments related to emergency behaviour of supported devices and processes.

6.2. Examples of the DCS MASTER user interface implementation in graphic displays

An effective and authoritative showcase of the DCS MASTER system's user interface are various types of graphic displays used in control rooms, including:

- large-size graphic walls (Photo 2)
- LCD, desktop and wall monitors (Photo 3).

To compare former and current solutions a view of an old control room is shown (Photo 1).

One of the key (albeit expensive) elements of modern control rooms is more and more often a **large-scale visualization** of the monitored processes. The large-scale visualization requires complex projection systems, called graphic walls. The graphic walls' most important advantage is the capability to project large images with very high resolution. The entire graphic wall is controlled by dedicated computers with appropriate software. An alternative and cheaper solution for control rooms are commonly used medium and large size LCD monitors (Photo 3). In the small DCS MASTER installations deployed in commonly known dedicated IASE systems, i.e. UNIMAT turbine regulators,

KUZB unit protections, and UNIKONT special measurements, touch panels are mounted on the doors of the systems' process cabinets.

7. Summary

The pressure of users, accustomed to work with Windows systems and with no experience in operating Unix-based automation systems, including QNX, especially in newly acquired markets, may limit the demand for the DCS MASTER with QNX bases. For these reasons, IASE is currently migrating the DCS MASTER from the QNX system to the Windows platform. It does not change the fact that the currently available QNX 6.5 Neutrino system is a fully functional and secure operating system with the ability to implement freely scalable application automation systems of various categories from embedded systems to large comprehensive turnkey automation systems. With many years of positive experience in object installations of the QNX-based MASTER system and the recognition of its functional and reliability merits the IASE personnel confidently applies the IQNX7 latest release as the operational platform for the new generation of the MASTER controllers developed at IASE.

REFERENCES

1. Zejma J., Systemy czasu rzeczywistego [*Real-Time Systems*], Faculty of Physics, Astronomy and Applied Computer Science, The Jagiellonian University, Krakow 2010 [online], http://users.uj.edu.pl/~zejma/PPT_Prac_09.pdf [access: 12.04.2019].
2. Patnaik A., QNX i 35 przykładów jak bardzo wpływa na nasze życie [*QNX and 35 examples of how it affects our lives*], BBNews.pl. Nowości ze świata technologii, 2015 [online], <https://www.bbnews.pl/2015/03/qnx-i-35-przykladow-jak-bardzo-wplywa-na-nasze-zycie/> [access: 12.04.2019].

Antonina Kieleczawa

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl

Graduate of the Faculty of Electronics at Wrocław University of Technology. Since 1977 in the Institute of Power System Automation, currently as a senior research and technical specialist. In 1983-1988 she was delegated to work at the United Nuclear Research Institute in Dubna, Russia in the team of analysis and IT processing of nuclear reaction measurements carried out in the Nuclear Reaction Laboratory, and at the same time she specialized in real-time systems. Co-developer of the Polish DCS MASTER automation system and RZ-SPEEDY4 fault recording system, as well as numerous object implementations of these systems, including comprehensive turnkey installations. She continues the work related to the development, design and implementation of the DCS MASTER system's new installations. Co-author of several dozen technical papers in the national and foreign press and conference presentations. Awarded with an honorary badge "For Merit for the Power Industry" (2009). Member of the Institute's Scientific Council (2012) and member of the International Federation of Automation IFAC – TC9.5 Working Group.

Radosław Izakiewicz

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl

Graduate of the Faculty of Electronics at Wrocław University of Technology. Since 2005 in the Institute of Power System Automation, currently as a senior research and technical specialist. The scope of his work includes development, design and programming works, including mainly the DCS MASTER system software expansion and upgrade for its application in operator and engineering stations. Co-author of a dozen technical papers in the national press and conference presentations.

Piotr Pietras

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: piotr.pietras@iase.wroc.pl

Graduate of the Faculty of Electronics at Wrocław University of Technology. Since 1996 in the Institute of Power System Automation, currently as a senior research and technical specialist. Co-developer of the MASTER Automation System and RZ-SPEEDY4 disturbance recorder as well as many object implementations of these systems. Specializes in these systems' user interfaces, archiving systems and editing packages. Continues the development and upgrade works of both systems' operator and engineering software. Awarded with an honorary badge "For Mertis for the Power Industry" (2014). Co-author of numerous technical papers in the national press and conference presentations.

Michał Białecki

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: michal.bialecki@iase.wroc.pl

Graduate of Wrocław University of Technology's Faculty of Computer Science and Management, and of the University of Wrocław's Faculty of Computer Science. Since 2005 in the Institute of Power System Automation, currently as a senior research and technical specialist. Participated in many deployments and implementations of the DCS MASTER in power facilities in Poland. Co-author of a dozen technical papers in the national press and conference presentations.

Roman Skakowski

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: roman.skakowski@iase.wroc.pl

Since 1996 in the Institute of Power System Automation, currently as the head of the Power Engineering IT Department. Graduated in 1987 from the Faculty of Electrical Engineering of the Institute of Mechanization and Electrification of Agriculture in Kharkov (Ukraine). Doctor of Engineering since 1996 (Wrocław University of Technology, Institute of Power Engineering).

Performs works related in particular to the development of the Institute's products, they concern the development of system and tool software for the MASTER system, development of new solutions/technologies for the MASTER system, and development and engineering of the LFC/SOWE/SMPP automatic power and frequency distribution system. Awarded with an honorary badge "For Mertis for the Power Industry". Author or co-author of a dozen technical papers in the national and foreign press and conference presentations.

Wojciech Szubert

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: wojciech.szubert@iase.wroc.pl

Since 2004 in the Institute of Power System Automation, currently as the technical director. Graduated in power systems from the Wrocław University of Technology, Faculty of Electrical Engineering (2002). Doctor of Engineering since 2008 (Wrocław University of Technology, Institute of Power Engineering). Completed MBA studies at the University of Economics in Wrocław, Faculty of Management, Computer Science and Finance (2012). His responsibilities at the Institute include the implementation of contracts, the process of acquiring them and their supervision until completion. Specialist in automation of power facilities, turbo-generator sets in particular. Awarded with an honorary badge "For Mertis for the Power Industry". Author or co-author of a dozen technical papers in the national and foreign press and conference presentations.

Edward Ziąja

IASE Institute of Power Systems Automation Ltd

e-mail: edward.ziaja@iase.wroc.pl

Graduate of the Faculty of Electrical Engineering at Wrocław University of Technology. Since 1998 in the Institute of Power System Automation, currently as the chairman of the board (2007).

As the chairman of the board he contributed to the company's development and position, as well as to the introduction of many modern technological solutions in the Polish power industry. He has acquired experience in the energy sector development in other countries, working on construction sites. Involved in inventive activity, for which he was awarded the Commander's Cross of Invention and the Officer's Cross of the Order of Invention of the Kingdom of Belgium. Laureate of 8 Rector's awards for scientific and inventive activities at Wrocław University of Technology. Author and co-author of 16 patents and utility models, author and co-author of the implementation of 6 patents in the Polish power industry and about 60 papers published in the trade press.

PL

Walory systemu operacyjnego QNX i jego systemów sieciowych w rozproszonych instalacjach obiektowych systemu DCS MASTER

Autorzy

Antonina Kieleczawa
Radosław Izakiewicz
Piotr Pietras
Michał Białecki
Roman Skakowski
Wojciech Szubert
Edward Ziaja

Słowa kluczowe

system operacyjny QNX, systemy czasu rzeczywistego, systemy automatyki, interfejs użytkownika

Streszczenie

W artykule przedstawiono najważniejsze właściwości systemu QNX, wykorzystywane w obsłudze systemu automatyki DCS MASTER. Wyróżniono systemy operacyjne o monolitycznej strukturze oraz systemy z mikrojądrem. System QNX należy do systemów z mikrojądrem. Mikrojądro QNX obsługuje swoje procesy systemowe, jak również procesy systemu DCS MASTER, z możliwością własnego zarządzania ich wykonywaniem. Przedstawiono ponadto różne systemy obsługi plików, w tym odporny na awarie zasilania system plików QNX6 oraz niezawodne systemy komunikacyjne, firmowe i uniwersalne, oparte na protokołach QNET, TCP/IP i UDP/IP. Systemy te umożliwiają dostęp do rozproszonych zasobów dyskowych stacji i sterowników systemu MASTER. Dostarczają narzędzi do obsługi wielkogabarytowych wyświetlaczy graficznych oraz realizacji lokalnych i zdalnych działań diagnostyczno-serwisowych.

Data wpływu do redakcji: 28.02.2019
Data wystawienia recenzji: 07.05.2019
Data akceptacji artykułu: 07.06.2019
Data publikacji online: 30.08.2019

1. Wstęp – systemy czasu rzeczywistego
Systemy czasu rzeczywistego (ang. *Real Time System* – RTS) to systemy komputerowe, w których obliczenia prowadzone są równoległe z przebiegiem obsługiwanych przez nie zewnętrznych procesów technologicznych. Mają one na celu nadzorowanie, sterowanie i terminowe reagowanie na zachodzące w tych procesach zdarzenia. Czynnikiem czasu jest obecny w działaniu każdego systemu komputerowego, w pewnych systemach może być mało istotny, ale w systemach czasu rzeczywistego ma istotne znaczenie, jest niewątpliwym czynnikiem skuteczności i bezpieczeństwa pracy systemu. Na przykład podczas pracy z edytorem tekstu zwłoka reakcji na polecenie wpisania znaku może być co najwyżej denerwująca, ale niewykrzykie poślizgu kół i reakcja z opóźnieniem komputera pokładowego sterującego pojazdem może spowodować znacznie poważniejsze efekty. Sprawa wygląda podobnie w systemach sterowania i regulacji procesami technologicznymi występującymi przy produkcji ciepła i energii elektrycznej (takimi systemami zajmuje się Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. – IASE). System automatyki DCS MASTER jest złożoną, wielowarstwową funkcjonalnie i organizacyjnie strukturą, dla której dobór platformy operacyjnej jest niezwykle istotny. Do systemu operacyjnego należy m.in. zarządzanie urządzeniami wejścia/wyjścia, uruchamianie i obsługa procesów, w tym implementacja współbieżności procesów i ich wątków, a także implementacje systemów plików i protokołów komunikacyjnych.

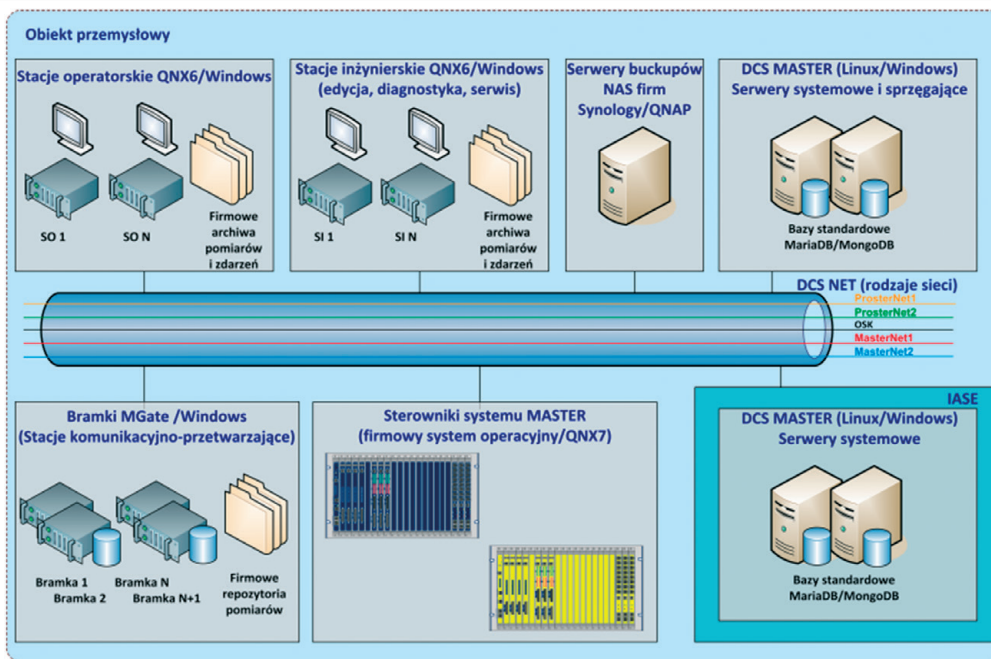
2. Polski system automatyki DCS MASTER – zarys ogólny
Polski system automatyki, opracowany w IASE, ewoluujący od modelu SCADA do DCS MASTER, rozwijany jest od ponad 30 lat przez wysokiej klasy specjalistów i konstruktorów z różnych dziedzin. Podstawowym zastosowaniem systemu automatyki jest wspomaganie operatorów i inżynierów ruchu przy obsłudze obiektowych procesów technologicznych. Nowoczesne stanowiska operatorskie, wyposażone w pulpity operatorskie, monitory i inne wyświetlacze graficzne, są zlokalizowane w centrach dyspozytorskich zwanych też nastawniami. Pozostałe zasoby systemu DCS MASTER, m.in. szafy komputerowe ze stacjami operatorskimi i szafy procesowe sterowników, są montowane w innych pomieszczeniach technicznych. System DCS MASTER należy do kategorii systemów RTS. W latach 90. XX wieku zdecydowano się wybrać dla systemu automatyki MASTER system operacyjny QNX, który pozwalał na stosunkowo łatwą realizację w systemie współpracy z wieloma urządzeniami automatyki różnych producentów, stosowanymi do pomiaru różnych parametrów elektrycznych, cieplnych i innych w obsługiwanych przez IASE obiektach energetycznych. System QNX umożliwił m.in. implementację procedur użytkownika do obsługi przerwań sprzętowych komputerów, budowę własnych timerów, umożliwiających uruchamianie procesów użytkownika o określonym czasie i w określonych cyklach, co jest istotnym wymogiem systemów czasu rzeczywistego.

W sumie w systemie MASTER zaimplementowano ponad 50 różnych urządzeń automatyki i sterowników, w tym sterowników firmowych z najróżniejszymi protokołami standardowymi i firmowymi. Z czasem urządzenia te w większości zostały wyparte przez wyroby nowszej generacji, wyposażone w zalecane protokoły standardowe Modbus/RTU, Modbus TCP/IP, Profibus, ProfiNet, DNP3, OPC i inne. Ogólną strukturę systemu DCS MASTER przedstawiono na rys. 1. System operacyjny QNX został opracowany przed 1980 rokiem przez kanadyjski koncern Quantum Software Systems. Koncern został z czasem przemianowany na QNX Software Systems i przejęty w 2010 roku przez kanadyjski koncern BlackBerry. System QNX to jedna z najjaśniejszych perełek kanadyjskiej firmy, a systemy czasu rzeczywistego szły na miarę w środowisku QNX zawsze będą potrzebne w kluczowych zastosowaniach. Systemy te napędzają m.in. elektrownie wodne, ciepłowne, wiatrowe i nuklearne, wspomagają systemy bankowe i pocztowe, kliniki okulistyczne i przemysł samochodowy, który dotychczas zastosował QNX w ponad 50 milionach aut [2].

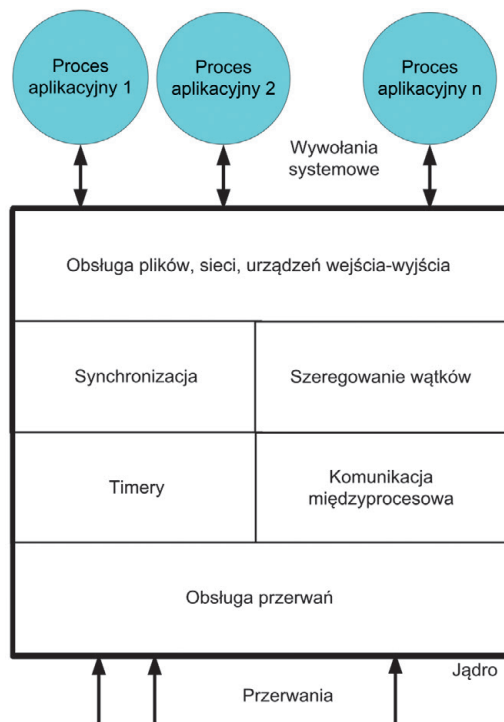
3. Zalety architektury systemów operacyjnych z mikrojądrem

Podstawową funkcją każdego systemu operacyjnego jest zarządzanie zasobami. Funkcję tę pełnią systemy o różnej strukturze. Można wyróżnić dwa podstawowe wzorce systemów, system monolityczny i system z mikrojądrem.

PL



Rys. 1. Ogólna struktura systemu DCS MASTER



Rys. 2. Struktura operacyjnego systemu monolitycznego

W **systemie monolitycznym** (rys. 2) podstawowe funkcje systemu, takie jak: szeregowanie procesów, obsługa urządzeń, pamięci i komunikacji, są umieszczane w pojedynczym module programowym zwanym jądrem. Fragmenty kodu jądra są wykonywane w wyniku przerwania i uruchomień wywołań systemowych. Jądro nie podlega szeregowaniu, a awaria w jego obrębie

skutkuje awarią całego systemu. Mikrojądro nie jest procesem, jest modulem stwarzającym ramy, w których procesy mogą istnieć. W porównaniu z systemem monolitycznym **system o architekturze mikrojądra** (rys. 3) ma wiele zalet, m.in.:

- **szeregowanie procesów** systemowych przez nadawanie im różnych priorytetów, w tym faworyzowanie procesów obsługi

urządzeń wejścia/wyjścia, od których wymaga się krótkich czasów reakcji

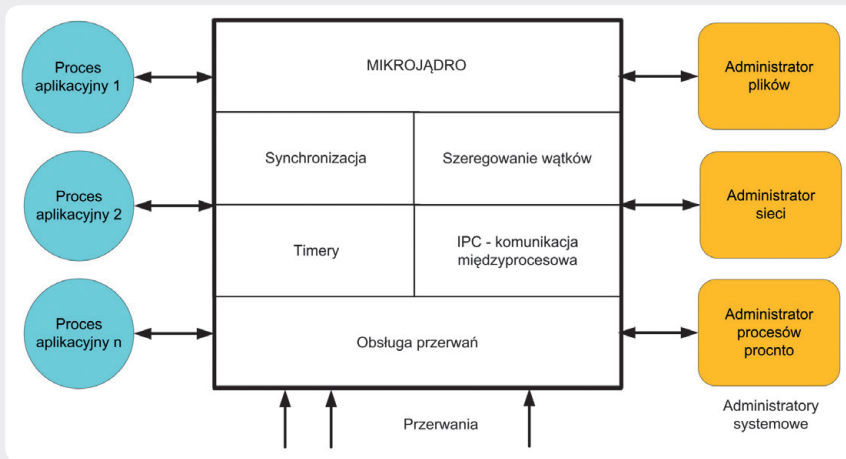
- **modularność systemu**, zdecydowanie zwiększająca niezawodność pracy, wyrażająca się w podziale monolitycznej struktury na oddzielnie rozwijane, uruchamiane i testowane procesy
- **wzajemna izolacja procesów systemowych**, wyrażająca się w fakcie, że każdy z procesów jest wykonywany w oddzielnie chronionym segmencie przestrzeni adresowej i awaria jednego z nich nie przenosi się na pozostałe procesy
- **możliwość dynamicznego uruchamiania i zatrzymywania** procesów systemowych, podobnie jak procesów użytkowych, bez potrzeby restartowania systemu operacyjnego.

Do wad systemów z mikrojądrem należy zaliczyć nieco mniejszą średnią wydajność, związaną z większą liczbą przełączeń kontekstu zadań, co we współczesnym świecie bardzo szybkich komputerów przestaje być wadą.

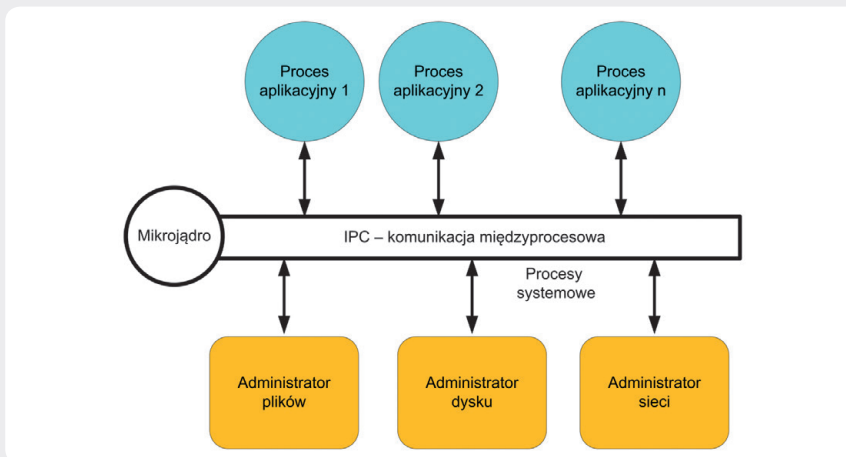
System QNX6 Neutrino jest systemem z mikrojądrem (rys. 4). Zbudowany jest on z modułu zwanego mikrojądrem i zbioru procesów systemowych, realizujących wspomniane już usługi na rzecz procesów aplikacyjnych (użytkowych), w tym przypadku procesów systemu MASTER. Procesy systemowe i użytkowe nie różnią się co do istoty, mają tylko inne priorytety i uprawnienia.

Procesy komunikują się pomiędzy sobą za pomocą różnych mechanizmów komunikacji między-procesowej IPC (ang. *Inter-process Communication*) i podlegają szeregowaniu [1]. Czynności, takie jak: zarządzanie pamięcią, szeregowanie procesów, implementacja czasomierzy (ang. *timers*), zapewnienie komunikacji między-procesowej i obsługa przerwania, należą do mikrojądra. System QNX może być zatem rozpatrywany jako zbiór komunikujących się procesów.

PL



Rys. 3. Struktura operacyjnego systemu z mikrojądrem



Rys. 4. Struktura systemu QNX6 z Neutrino

4. Preferencje systemu QNX6

dla zastosowań w systemach RTS

Nowe instalacje systemu DCS MASTER są wykonywane pod systemem QNX6 z mikrojądrem Neutrino.

Najważniejsze cechy systemu QNX6 to:

- identyczność obsługi przez mikrojądro procesów systemowych QNX6 oraz procesów użytkowych systemu MASTER
- możliwość zarządzania wykonywaniem procesów użytkownika przez priorytety i algorytmy szeregowania
- prosta implementacja różnych systemów plików, w tym systemu plików QNX6, odpornego na awarie zasilania
- niezwykle szybki, firmowy system komunikacyjny QNX6-Qnet, umożliwiający przezroczysty dostęp do zasobów dyskowych komputerów w sieci lokalnej
- uniwersalny system komunikacyjny IPv4 i IPv6 zrealizowany na bazie protokołów TCP/IP.

4.1. Szeregowanie procesów i ich wątków w systemie QNX6 Neutrino

Każdy z procesów użytkowych wykonywanych w systemie ma przyporządkowany priorytet z zakresu 1–63. Najniższy priorytet zero ma systemowy proces jałowy (ang. *idler*), podejmowany, gdy w systemie nie ma

żadnych gotowych do wykonania wątków. W systemie może być więcej procesów i ich wątków o tym samym priorytecie, dlatego wprowadzona została dodatkowo strategia szeregowania wątków.

W systemie QNX6 możliwy jest:

- **szeregowanie karuzelowe** (ang. *Round Robin Scheduling*), polegające na przydzieleniu kwantu czasu dla wykonującego się wątku
- **szeregowanie FIFO** (ang. *FIFO Scheduling*), przypominające szeregowanie karuzelowe, z tym że po wyczerpaniu kwantu czasu wątek nie jest wywłaszczany, aż samoistnie zwolni procesor lub zostanie wywłaszczony przez wątek o wyższym priorytecie
- **szeregowanie sporadyczne** (ang. *Sporadic Scheduling*), z oscylującym priorytetem w trakcie wykonywania wątku od uruchomieniowego priorytetu do zadanego, obniżonego priorytetu.

4.2. System plików

W systemie QNX6 Neutrino zaimplementowano wiele różnych systemów plików mogących współistnieć równocześnie. Obsługiwane są one przez niezależne procesy systemowe, tzw. administratory zasobów, które obsługują standardowe polecenia

obsługi plików, takie jak: *open*, *read*, *write* czy *close*. Każdy z systemów plików obejmuje fragment przestrzeni nazw, obsługuje drzewo katalogów i plików poniżej punktu jego montowania. Taka konstrukcja systemu plików charakteryzuje się tym, że:

- dowolne systemy plików mogą być startowane i zatrzymywane dynamicznie w trakcie pracy systemu
- system plików wykonywany w jednym węzle sieciowym może być dostępny w sposób przezroczysty w innym węzle.

5. Protokół komunikacyjny QNX6-QNET oraz standard sieciowy TCP/IP

Oba systemy komunikacyjne w systemie QNX6 współistnieją na tych samych mediach komunikacyjnych w zakresie sieci lokalnych. Uniwersalny system TCP/IP może wykraczać poza media lokalne do sieci rozległej. Systemowy protokół QNX6-Qnet używany jest do przekazywania komunikatów w ramach zasobów lokalnych komputera i sieciowych.

W systemie QNX Neutrino zaimplementowano standardowe protokoły (TCP,UDP)/IP z kompletem ogólnie znanych, między-systemowych usług (typu m.in. *ftp*, *telnet*, *time*) oraz systemowe usługi QNX6 (*phindows*, *phditto*, *phrelay*). Usługi systemowe QNX, wyłącznie lub w powiązaniu z ogólnie znanymi usługami systemu komunikacyjnego TCP, stosowane są m.in. do obsługi wyświetlaczy wielkogabarytowych oraz również wykonywania lokalnych lub zdalnych prac diagnostyczno-serwisowych.

6. Interfejs użytkownika systemu DCS MASTER w środowisku graficznym PHOTON

Środowisko graficzne Photon MicroGUI (ang. *Photon Micro Graphical User Interface*) to rewelacyjne osiągnięcie firmy QNX. Jest bardzo małe i szybkie (45 kB), stanowiąc jednocześnie kompletne rozwiązanie interfejsu graficznego, przeznaczonego dla systemów wbudowanych oraz systemów komputerowych.

6.1. Ogólne uwagi o interfejsie użytkowym systemu DCS MASTER

Funkcją centrów sterowania procesami technologicznymi jest obserwacja i kontrola różnych procesów oraz możliwość wydawania poleceń regulacyjno-sterowniczych. Najczęściej to operatorzy są odpowiedzialni za rozpoznanie potencjalnych problemów i inicjowanie właściwych akcji, dlatego odpowiednie zaprojektowanie centrów sterowania, zwanych też nastawniami lub dyspozytoriami, jest sprawą istotnej wagi. Powszechność stosowania komputerów w życiu prywatnym zasadniczo zwiększyła wymagania użytkowników w zakresie funkcjonalności i prostoty obsługi systemów automatyki. Rozwój systemu DCS MASTER kontynuowany jest do dziś we wszystkich jego obszarach, tj. aktualnych technologii obiektowych, technik przesyłania danych, sprzętu komputerowego i sieciowego, praktyk programistycznych i możliwości funkcjonalnych, w tym rozwoju interfejsu obsługi systemu MASTER. Prosty, funkcjonalny i przyjazny interfejs użytkownika jest zwięzczeniem wszystkich atutów systemu automatyki, który procentuje

PL



Rys. 5. Protokół QNX6-Qnet – przezroczysty dostęp do plików stacji operatorskich w sieci lokalnej

aprobata bezpośrednich użytkowników, tj. operatorów obsługujących procesy technologiczne. Umożliwia on m.in. szybkie reagowanie i uzyskanie istotnych informacji o sytuacji obiektowej w krytycznych momentach, związanych z awaryjnym zachowaniem obsługiwanych urządzeń i procesów.

6.2. Przykładowe implementacje interfejsu użytkownika DCS MASTER w zakresie wyświetlaczy graficznych

Efektowną i miarodajną prezentacją interfejsu użytkownika systemu DCS MASTER są stosowane w nastawniach różnego rodzaju wyświetlacze graficzne, w tym:

- ściany graficzne wielkogabarytowe (fot. 2)
- monitory LCD, pulpিতowe i naściennne (fot. 3).

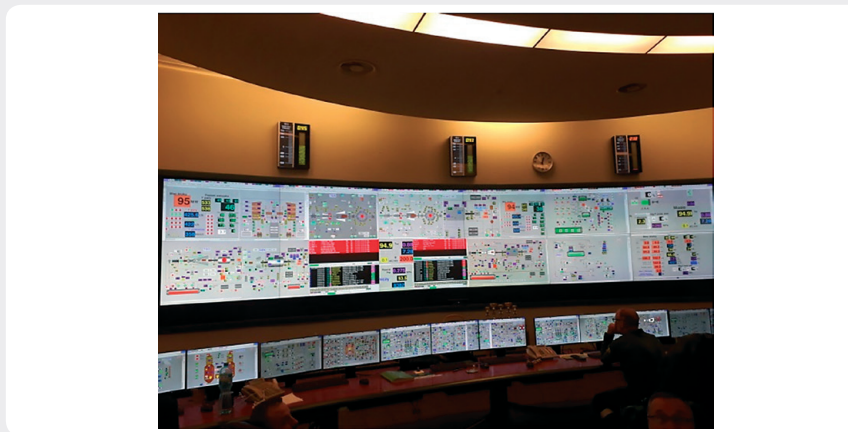
Dla porównania dawnych i aktualnych rozwiązań zamieszczono fragment dawnej nastawni (fot. 1).

Jednym z kluczowych elementów nowoczesnych nastawni (choć kosztownym) staje się wielkoformatowa wizualizacja monitorowanych procesów. Wizualizacja wielkoformatowa wymaga skomplikowanych systemów projekcyjnych, nazywanych ścianami graficznymi. Najważniejszą zaletą ścian graficznych jest możliwość projekcji dużych obrazów o bardzo wysokiej rozdzielczości. Całością ścian graficznych sterują przeznaczone do tego komputery z odpowiednim oprogramowaniem obsługi.

Alternatywnym, tańszym rozwiązaniem dla nastawni są powszechnie używane monitory LCD średnie i wielkogabarytowe (fot. 3). W małych instalacjach systemu DCS MASTER, dotyczących powszechnie znanych specjalizowanych systemów IASE, tj. regulatorów turbin UNIMAT, zabezpieczeń bloków KUZB i pomiarów



Fot. 1. Fragment dawnej nastawni z aparaturą kontrolno-pomiarową



Fot. 2. Fragment nowoczesnej nastawni systemu DCS MASTER z implementacją ściany graficznej

PL



Fot. 3. Fragment nowoczesnej nastawni systemu DCS MASTER z monitorami LCD oraz widok panelu dotykowego

specjalnych UNIKONT, na drzwiach szaf procesowych systemów montowane są panele dotykowe.

7. Podsumowanie

Presja użytkowników, przyzwyczajonych do pracy z systemami Windows, niemających doświadczenia w eksploatacji systemów automatyki na bazie systemów unixowych, w tym QNX, zwłaszcza na nowo pozyskiwanych rynkach, może

spowodować ograniczenie zapotrzebowania na systemy DCS MASTER z bazą QNX. Z tych powodów aktualnie w IASE wykonywana jest migracja systemu DCS MASTER z systemu QNX na platformę systemu Windows. Nie zmienia to faktu, że aktualnie dostępny system QNX 6.5 Neutrino jest w pełni funkcjonalnym i bezpiecznym systemem operacyjnym z możliwością realizacji dowolnie skalowanych, użytkowych systemów automatyki różnych

kategorii, od systemów wbudowanych po duże kompleksowe systemy automatyki „pod klucz”. Wieloletnie, pozytywne doświadczenie w instalacjach obiektowych systemu MASTER na bazie QNX oraz uznanie jego walorów funkcjonalnych i niezawodnościowych upewniło pracowników IASE do zastosowania najnowszej wersji systemu QNX7 jako platformy operacyjnej dla nowej generacji sterowników MASTER, opracowywanej w IASE.

Bibliografia

1. Zejma J., Systemy czasu rzeczywistego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński, Kraków 2010 [online], http://users.uj.edu.pl/~zejma/PPT_Prac_09.pdf [dostęp: 12.04.2019].
2. Patnaik A., QNX i 35 przykładów jak bardzo wpływa na nasze życie, BBNews.pl. Nowości ze świata technologii, 2015 [online], <https://www.bbnews.pl/2015/03/qnx-i-35-przykladow-jak-bardzo-wplywa-na-nasze-zycie/> [dostęp: 12.04.2019].

Antonina Kieleczawa

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: antonina.kieleczawa@iase.wroc.pl

Absolwentka Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Od 1977 roku jest zatrudniona w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych, obecnie na stanowisku: starszy specjalista badawczo-techniczny. W latach 1983–1988 była oddelegowana do pracy w Zjednoczonym Instytucie Badań Jądrowych w Dubnej. Pracowała w zespole analiz i obróbki inżynierskiej pomiarów reakcji jądrowych prowadzonych w Laboratorium Reakcji Jądrowych i jednocześnie specjalizowała się w dziedzinie systemów czasu rzeczywistego. Jest współtwórcą polskiego systemu automatyki DCS MASTER i rejestracji zakłóceń RZ-SPEEDY4 oraz wielu wdrożeń obiektowych ww. systemów, w tym kompleksowych instalacji pod klucz. Kontynuuje prace związane z rozwojem, projektowaniem i wdrażaniem nowych instalacji systemu DCS MASTER. Współautorka kilkudziesięciu artykułów technicznych w prasie krajowej i zagranicznej oraz wystąpień konferencyjnych. Nagrodzona honorową odznaką „Za Zasługi dla Energetyki” (2009). Członek Rady Naukowej Instytutu od 2012 oraz członek Grupy Roboczej Międzynarodowej Federacji ds. Automatyki IFAC – TC9.5.

Radosław Izakiewicz

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: radoslaw.izakiewicz@iase.wroc.pl

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Od 2005 roku jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych na stanowisku: starszy specjalista badawczo-techniczny. Zakres jego pracy obejmuje: prace rozwojowe, projektowe i programistyczne, w tym głównie rozbudowę oraz modernizację oprogramowania systemu DCS MASTER w zakresie oprogramowania stacji operatorskich, inżynierskich. Współautor kilkunastu artykułów technicznych w prasie krajowej oraz wystąpień konferencyjnych.

Piotr Pietras

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: piotr.pietras@iase.wroc.pl

Absolwent Wydziału Elektroniki Politechniki Wrocławskiej. Od 1996 roku jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych, obecnie na stanowisku: starszy specjalista badawczo-techniczny. Jest współtwórcą Systemu Automatyzacji MASTER i rejestratora zakłóceń RZ-SPEEDY4 oraz wielu wdrożeń obiektowych ww. systemów. Specjalizuje się w zakresie interfejsu użytkownika, systemów archiwizacji i pakietu edycyjnego ww. systemów. Kontynuuje prace rozwojowe i modernizacyjne w zakresie oprogramowania operatorskiego i inżynierskiego dla obu systemów. Odznaczony odznaką honorową „Za Zasługi dla Energetyki” (2014). Współautor wielu artykułów technicznych w prasie krajowej oraz wystąpień konferencyjnych.

Michał Białecki

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: michal.bialecki@iase.wroc.pl

Absolwent Politechniki Wrocławskiej na Wydziale Informatyki i Zarządzania oraz Uniwersytetu Wrocławskiego na Wydziale Informatyki. Od 2005 roku jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych, obecnie na stanowisku: starszy specjalista badawczo-techniczny. Brał udział w wielu wdrożeniach i uruchomieniach systemu DCS MASTER na obiektach energetycznych w całej Polsce. Współautor kilkunastu artykułów technicznych w prasie krajowej oraz wystąpień konferencyjnych.

Roman Skakowski

dr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: roman.skakowski@iase.wroc.pl

Jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. od 1996 roku, obecnie na stanowisku: kierownik Zakładu Informatyki Elektroenergetycznej. Ukończył Instytut Mechanizacji i Elektryfikacji Rolnictwa w Charkowie (na Ukrainie), na Wydziale Elektrycznym (1987). Od 1996 roku jest doktorem nauk technicznych (Politechnika Wroclawska, Instytut Elektroenergetyki).

Wykonuje prace związane w szczególności z rozwijaniem produktów instytutu, dotyczą one m.in.: rozwoju oprogramowania systemowego i narzędziowego dla systemu MASTER, opracowania nowych rozwiązań/technologii dla systemu MASTER oraz opracowania i rozwoju systemu automatycznego rozdziału mocy i częstotliwości LFC/SOWE/SMPP. Odznaczony odznaką honorową „Za Zasługi dla Energetyki”. Autor lub współautor kilkunastu artykułów naukowych w prasie krajowej i zagranicznej oraz wystąpień konferencyjnych.

Wojciech Szubert

dr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: wojciech.szubert@iase.wroc.pl

Jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. od 2004 roku, obecnie na stanowisku: dyrektor techniczny. Ukończył Politechnikę Wroclawską, Wydział Elektryczny, specjalizację: systemy elektroenergetyczne (2002). Od 2008 roku jest doktorem nauk technicznych (Politechnika Wroclawska, Instytut Elektroenergetyki). Ukończył studia MBA na Uniwersytecie Ekonomicznym we Wroclawiu, na Wydziale Zarządzania, Informatyki i Finansów (2012). Pracując w instytucie, jest w szczególności odpowiedzialny za realizację kontraktów, zajmuje się procesem ich pozyskiwania i prowadzi nad nimi nadzór aż do momentu ich zakończenia. Specjalista w zakresie automatyzacji obiektów energetycznych, w szczególności turbozespołów. Odznaczony odznaką honorową „Za Zasługi dla Energetyki”. Autor lub współautor kilkunastu artykułów naukowych w prasie krajowej i zagranicznej oraz wystąpień konferencyjnych.

Edward Ziaja

mgr inż.

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o.

e-mail: edward.ziaja@iase.wroc.pl

Absolwent Wydziału Elektrycznego Politechniki Wroclawskiej. Jest zatrudniony w Instytucie Automatyki Systemów Energetycznych sp. z o.o. od 1989 roku, obecnie na stanowisku: prezes zarządu (2007).

Jako prezes przyczynił się do rozwoju i pozycji spółki oraz do wprowadzenia wielu nowoczesnych rozwiązań technologicznych w polskiej energetyce. Doświadczenie w zakresie rozwoju energetyki zdobywał w innych krajach, pracując na budowach. Zaangażowany w działalność wynalazczą, za co został odznaczony Krzyżem Komandorskim Wynalazczości oraz Krzyżem Oficerskim Orderu Wynalazczości Królestwa Belgii. Zdobywca 8 nagród rektora za działalność naukową i wynalazczą na Politechnice Wroclawskiej. Jest autorem i współautorem 16 patentów oraz wzorów użytkowych, autorem i współautorem wdrożeń 6 patentów w elektroenergetyce polskiej oraz ok. 60 prac publikowanych w prasie branżowej.