

WALORY SYSTEMU OPERACYJNEGO QNX I JEGO SYSTEMÓW SIECIOWYCH W ROZPROSZONYCH INSTALACJACH OBIEKTOWYCH SYSTEMU DCS MASTER

**Antonina KIELECZAWA, Radosław IZAKIEWICZ, Piotr PIETRAS, Michał BIAŁECKI,
Roman SKAKOWSKI, Wojciech SZUBERT, Edward ZIAJA**

Instytut Automatyki Systemów Energetycznych Sp. z o.o.
tel.: 71 348 42 21 e-mail: imię.nazwisko@iase.wroc.pl

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, do której należy system QNX. Mikrojądro QNX obsługuje swoje procesy systemowe, jak również procesy systemu DCS MASTER z możliwością własnego zarządzania ich wykonywaniem. Przedstawiono różne systemy obsługi plików, w tym odporny na awarie zasilania system plików QNX6 oraz niezawodne systemy komunikacyjne firmowe i uniwersalne, oparte na protokołach (TCP,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.

Słowa kluczowe: system operacyjny QNX, systemy czasu rzeczywistego, systemy automatyki, interfejs użytkownika.

1. WSTĘP – SYSTEMY CZASU RZECZYWISTEGO

Systemy czasu rzeczywistego (ang. Real Time System-RTS) są 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.

Czynnik czasu jest obecny w działaniu każdego systemu komputerowego, w pewnych systemach może być mało istotny, ale w systemach czasu rzeczywistego ma istotne znaczenie, jest niewrażliwym czynnikiem skuteczności i bezpieczeństwa pracy systemu. Dla przykładu przy pracy z edytorem tekstu zwłoka reakcji na polecenie wpisania znaku może być najwyżej denerwująca, ale przy pracy komputera pokładowego sterującego pojazdem niewykrycie poślizgu kół i reakcja z opóźnieniem może skutkować znacznie poważniejszymi efektami. Podobnie sprawa wygląda w przypadku systemów sterowania i regulacji procesami technologicznymi, występującymi przy produkcji ciepła i energii elektrycznej, którymi zajmuje się Instytut. W przypadku systemu automatyki DCS MASTER mamy do czynienia ze złożoną, wielowarstwową funkcjonalnie i organizacyjną strukturą, dla której dobór platformy operacyjnej jest niezwykle istotny. Do systemu operacyjnego należy między innymi zarządzanie urządzeniami wejścia/wyjścia, uruchamianie i obsługa

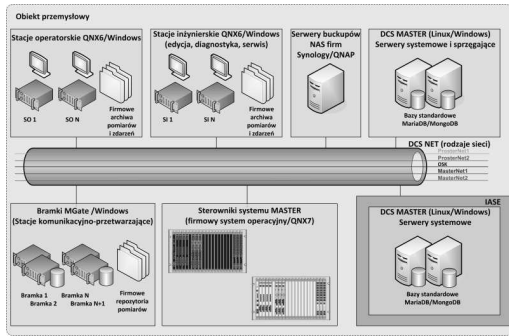
procesów, w tym implementacja współbieżności procesów i ich wątków, a także implementacje systemów plików, protokołów komunikacyjnych.

2. POLSKI SYSTEM AUTOMATYKI DCS MASTER – ZARYS OGÓLNY

Opracowany w Instytucie polski system automatyki, 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 zlokalizowane są w centrach dyspozytorskich zwanych też nastawniami. Pozostałe zasoby systemu DCS MASTER m.in. szafy komputerowe ze stacjami operatorskimi i szafy procesowe sterowników montowane są w innych pomieszczeniach technicznych.

System DCS MASTER należy do kategorii systemów RTS. W latach 90-tych 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, stosowanych do pomiaru różnych parametrów elektrycznych, cieplnych i innych w obsługiwanych przez Instytut obiektach energetycznych. System QNX umożliwił m.in. implementację procedur użytkownika do obsługi przerwań sprzętowych komputerów, budowę własnych timer'ów, 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 standardowym i firmowymi. Z czasem urządzenia te w większości wyparte zostały przez wyroby nowszej generacji, wyposażone w zalecane protokoły standardowe Modbus/RTU, Modbus TCP/IP, Profibus, ProfiNet, DNP3, OPC i inne. Ogólna struktura systemu DCS MASTER, w aktualnej aplikowanej wersji przedstawiona została na rysunku 1.

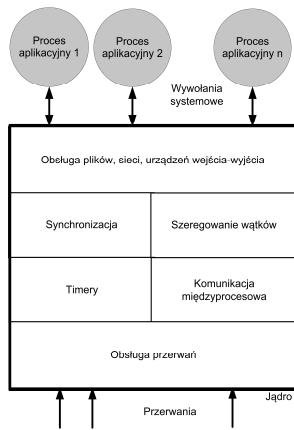


Rys.1. Ogólna struktura systemu DCS MASTER

System operacyjny QNX został opracowany przed 1980 r. 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 sąle w miarę w środowisku QNX zawsze będą potrzebne w kluczowych zastosowaniach. Systemy te napędzają elektrownie wodne, ciepłn, wiatrowe i nuklearne, wspomagają systemy bankowe i pocztowe, kliniki okulistyczne i przemysł samochodowy, który dotychczas zastosował QNX w ponad 50 milionach aut itp.

3. ZALETY ARCHITEKTURY SYSTEMÓW OPERACYJNYCH Z MIKROJĄDREM

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



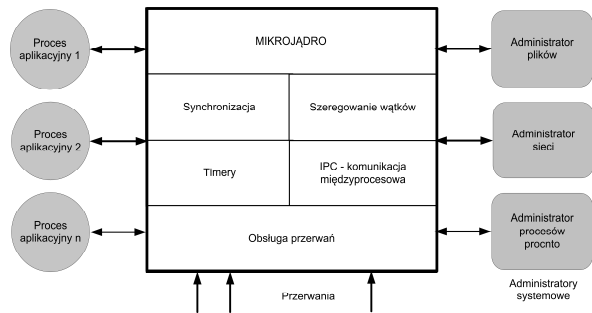
Rys. 2. Struktura operacyjnego systemu monolitycznego

W **systemie monolitycznym** (rys.2) podstawowe funkcje systemu, takie jak: szeregowanie procesów, obsługa urządzeń, pamięci i komunikacji są umieszczone w pojedynczym module programowym zwanym jądrem. Fragmenty kodu jądra są wykonywane w wyniku przerwania i uruchomienia 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 we/wy, od których wymaga się krótkich czasów reakcji,

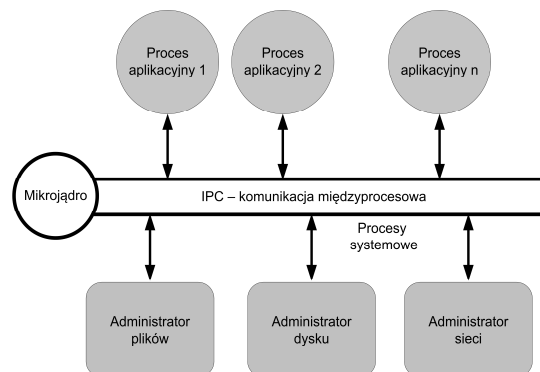
- **modularność systemu**, zdecydowanie zwiększająca niezawodność pracy, wyrażająca się w podziale monolitycznej struktury na oddzielnie rozwijane, uruchamiane i testowane procesy,
- **wzajemna izolacja procesów systemowych**, wyrażająca się w fakcie, że każdy z procesów jest wykonywany w oddzielnie 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.



Rys. 3. Struktura operacyjnego systemu z mikrojądrem

Do wad systemów z mikrojądrem zaliczyć należy 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 ww. 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.



Rys. 4. Struktura systemu QNX6 z Neutrino

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

4. PREFERENCJE SYSTEMU QNX6 DLA ZASTOSOWAŃ W SYSTEMACH RTS

Nowe instalacje systemu DCS MASTER wykonywane są pod systemem QNX6, z mikrojądrem Neutrino, który charakteryzuje m.in.:

- mikrojądro systemu, obsługujące identycznie procesy systemowe i procesy użytkowe 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 przeźroczysty 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 od 1 do 63. Najniższy priorytet zero ma systemowy proces jałowy (ang. idler), wykonywany, gdy w systemie nie ma żadnych gotowych do wykonania wątków. W systemie może być więcej procesów i ich wątków na tym samym priorytecie, dlatego wprowadzona została dodatkowo strategia szeregowania wątków.

W systemie QNX6 możliwe 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 doadanego, obniżonego priorytetu.

4.2. System plików

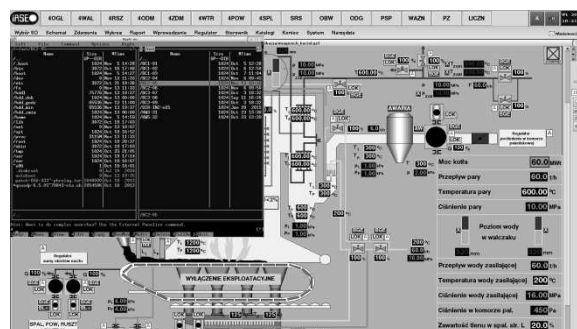
W systemie QNX6 Neutrino zaimplementowano wiele różnych systemów plików, mogących współistnieć równocześnie. Obsługiwane są one przez niezależne procesy systemowe tzw. administratory zasobów, które obsługują standardowe polecenia obsługi plików, takie jak open(), read(), write() czy close(). Każdy z 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 przeźroczysty 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



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

W systemie QNX Neutrino zaimplementowano standardowe protokoły (TCP,UDP)/IP z kompletem ogólnie znanych, międzysystemowych usług (typu ftp, telnet, time, etc) oraz systemowe usługi QNX6 (phindows, phditto, phrelay). Usługi systemowe QNX, wyłącznie lub w powiązaniu z ogólnie znanymi usługi 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. W większości przypadków 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 po dzień dzisiejszy 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 zwieńczeniem wszystkich atutów systemu automatyki, który procentuje aprobatą bezpośrednich użytkowników, tj. operatorów obsługujących procesy technologiczne. Umożliwia on m.in. szybkie reagowanie i uzyskanie istotnych informacji o sytuacji obiektowej

w krytycznych momentach, zawiązanych z awaryjnym zachowaniem obsługiwanych urządzeń i procesów.



Rys. 6. Fragment dawnej nastawni z aparaturą kontrolno-pomiarową

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 (rys. 7),
- monitory LCD, pulpitowe i naścienne (rys. 8).

Dla porównania, dawnych i aktualnych rozwiązań, zamieszczono fragment dawnej nastawni (rys 6).

Jednym z kluczowych, choć nietanich, elementów nowoczesnych nastawni 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 dedykowane komputery z odpowiednim oprogramowaniem obsługi.



Rys. 7. Fragment nowoczesnej nastawni systemu DCS MASTER z implementacją ściany graficznej

Alternatywnym, tańszym rozwiązaniem dla nastawni w stosunku do wizualizacji wielkoformatowej są powszechnie używane monitory LCD średnie i wielkogabarytowe (rys.8). W małych instalacjach systemu

DCS MASTER, dotyczących powszechnie znanych specjalizowanych systemów Instytutu tj. regulatorów turbin UNIMAT, zabezpieczeń blokowych KUZB i pomiarów specjalnych UNIKONT, na drzwiach szaf procesowych systemów, montowane są panele dotykowe.



Rys 8. Fragment nowoczesnej nastawni systemu DCS MASTER z monitorami LCD oraz widok panelu dotykowego

7. PODSUMOWANIE

Presja użytkowników, przyzwyczajonych do pracy z systemami Windows, nie mających doświadczenia w eksploatacji systemów automatyki na bazie systemów unixowych, w tym QNX, zwłaszcza w przypadku nowo pozyskiwanych rynków, może spowodować ograniczenie zapotrzebowania na systemy DCS MASTER z bazą QNX. Z tych powodów aktualnie w Instytucie 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 Instytutu do zastosowania najnowszej wersji systemu QNX7 jako platformy operacyjnej dla nowej generacji sterowników MASTER, opracowywanej w Instytucie.

8. BIBLIOGRAFIA

1. Zejma J.: RTOS Systemy Czasu Rzeczywistego, Wydział Fizyki, Astronomii i Informatyki Stosowanej, Uniwersytet Jagielloński (internet).
2. Patnaik A.: QNX i 35 przykładów jak bardzo wpływa na nasze życie (2015) (internet).

THE ADVANTAGES OF THE QNX OPERATING SYSTEM AND ITS NETWORK SYSTEMS IN DISTRIBUTED OBJECT INSTALLATIONS OF THE MASTER DCS

The article presents the most important properties of the QNX system, used in the service of the MASTER DCS. Operation systems with a monolithic structure and microkernel systems, to which the QNX system belongs, are discussed. QNX supports its system processes as well as the MASTER DCS system processes with the ability to manage their execution. Different file systems are presented, including the QNX6 file system resistant to power failures and reliable corporate and universal communication systems based on protocols (TCP, UDP) / IP. These systems enable access to distributed hard drive resources of operator stations and controllers of the MASTER system. They provide tools to support large-sized graphic displays and to implement local and remote diagnostics and maintenance.

Keywords: QNX operating system, real-time systems, automation systems, user interface.