

**Zdzisław KOWALCZUK, Jakub WSZOŁEK**

Katedra Systemów Decyzyjnych,

Wydział Elektroniki, Telekomunikacji i Informatyki Politechniki Gdańskiej

## **DIAGNOSTYKA OBIEKTÓW PRZEMYSŁOWYCH Z WYKORZYSTANIEM WSPÓLNEJ MAGISTRALI USŁUG DIAGNOSTIC SERVICE BUS DSB**

### **Słowa kluczowe**

Diagnostyka, obiekty przemysłowe, systemy i sieci komputerowe, komunikacja, magistrale, bazy danych, inteligentny budynek, platformy symulacyjne.

### **Streszczenie**

Opierając się na znanym pojęciu magistrali, w pracy przedstawia się sposób adaptacji i wykorzystania magistrali usług w diagnostyce obiektów przemysłowych. Działanie medium komunikacyjnego opiera się na architekturze SOA. Zaproponowana koncepcja stanowi próbę rozwiązania problemu wydajnościowych w rozwijanym projekcie Sieciowego Monitora Obiektu SMO. Wspólna szyna danych zwiększa wydajność systemu SMO, umożliwiając komunikację oraz współbieżne wykorzystanie danych przez różne aplikacje (serwisy) jednocześnie. W ten naturalny sposób podnosi się też efektywność diagnostyki obiektów przemysłowych, wyposażonych w system SMO zintegrowany z taką wspólną szyną danych.

### **Wprowadzenie**

Pojęcie magistrali, będącej uogólnieniem szyny danych, zyskało olbrzymią popularność idącą w parze z rozwojem wszechobecnych komputerów. Opierając

się na tym środku komunikacji, prezentuje się metody adaptacji oraz zastosowania magistrali usług w diagnostyce przemysłowych obiektów.

## 1. Sieciowy Monitor Obiektu

Sieciowy Monitor Obiektu to wynik projektu realizowanego od 2009 roku w Katedrze Systemów Decyzyjnych (WETI) Politechniki Gdańskiej. Koncepcja ta sprowadza się do utworzenia działającej aplikacji sprzętowo-programowej.

### 1.1. Wprowadzenie

W projekcie SMO<sup>1</sup> wykorzystuje ona najnowsze technologie z zakresu elektroniki, telekomunikacji, informatyki i automatyki do realizacji zadania, jakim jest diagnostyka i monitoring obiektów przemysłowych. SMO jest systemem integrującym urządzenia pomiarowe z oprogramowaniem służącym do obróbki danych. Działanie takiego systemu zwykle sprowadza się do inteligentnej obserwacji obiektu (pomiarów, analizy danych, wnioskowania etc.), po której następuje faza reakcji, polegająca na wytworzeniu sygnału sterującego (sprzężenia zwrotnego). Reakcja ta uwzględnia aktualną/nową sytuację, realizując na przykład rekonfigurację układu w systemach tolerujących usterki [13] lub inny rodzaj kompensacji anomalii lub defektu, jaki może pojawić się w pracy monitorowanego obiektu. Koncepcja systemu SMO przedstawiona została w pracy [12]. Na obecnym etapie realizacji, system posiada możliwości bezprzewodowej komunikacji z urządzeniami pomiarowymi, podejmowania decyzji w oparciu o środowisko wnioskujące oraz delegowania zadań do końcowych urządzeń wykonawczych. W niniejszej pracy przedstawiona zostanie nowa koncepcja związane z dalszym rozwojem projektu SMO.

### 1.2. Symulator obiektu

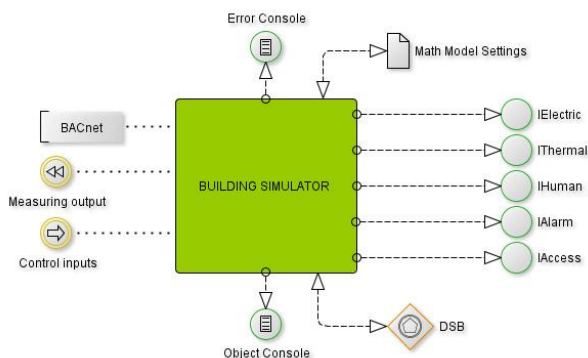
Potrzeba stworzenia warunków zbliżonych do rzeczywistych przyczyniła się do zaprojektowania narzędzia pozwalającego na dokonywanie symulacji SMO w określonym środowisku. Obecnie prace koncentrują się na wdrożeniu systemu SMO do pracy w inteligentnych budynkach, które realizują zalecenia proekologiczne UE [11]. Wynika stąd też potrzeba rozwoju środowiska, które pozwoli na sprawdzanie możliwości aplikacji w ściśle określonych warunkach, reprezentowanych przez stosowne kryteria. Zadaniem symulatora jest zarówno generowanie sygnałów wejściowych dla SMO, jak i reakcja na zmieniające się sygnały sterujące wysyłane z urządzenia.

---

<sup>1</sup> SMO – Sieciowy Monitor Obiektu.



Taka funkcjonalność uwzględnia możliwość tworzenia i sprawdzania scenariuszy działania systemu w rozmaitych warunkach. W szczególności symulator powinien zawierać gotowe modele obiektu – np. termiczne modele budynku, pozwalające na symulację sterowania węzłem cieplnym przy zmieniających się warunkach termicznych, zarówno wewnątrz, jak i na zewnątrz tego obiektu. Na realizację tej części projektu wpływa analiza przebiegu procesów cieplnych zachodzących pomiędzy elementami termokinetycznego układu złożonego z pomieszczeń wewnątrz budynku oraz środowiska zewnętrznego. Koncepcja symulatora przedstawiona została na rys. 1. Jego wyposażenie obejmuje także wiele generycznych interfejsów pozwalających na tworzenie wirtualnych obiektów symulacyjnych [4].



Rys. 1. Symulator obiektu przemysłowego

Zastosowana konfiguracja pozwala budować struktury fragmentów sieci cieplnych, elektrycznych, alarmowych i innych, instalowanych w nowoczesnych budynkach. Symulator jest również wyposażony w programowe konsole pozwalające na bieżącą kontrolę statusu aktualnie realizowanych funkcji (obliczeń), w tym analizy pojawiających się błędów. Wpływać można na sposób działania aplikacji. Funkcjonalność dająca możliwość modyfikowania parametrów pracy symulatora jest szczególnie istotna w odniesieniu do wykorzystywanych modeli matematycznych.

Aplikacja wyposażona została dodatkowo w obsługę zunifikowanego protokołu komunikacyjnego BACnet<sup>2</sup>. Jest to standard pozwalający na połączenie dowolnych urządzeń automatyki i monitoringu w jedną wspólną sieć. Taki sposób komunikacji posiada obecnie aprobatę systemu ISO 16484-5 i implementowany jest przez producentów. BACnet obsługuje obecnie wiele mediów trans-

<sup>2</sup> BACnet (ang. *Building Automation and Control Networks*) – protokół komunikacji systemów sterowania.

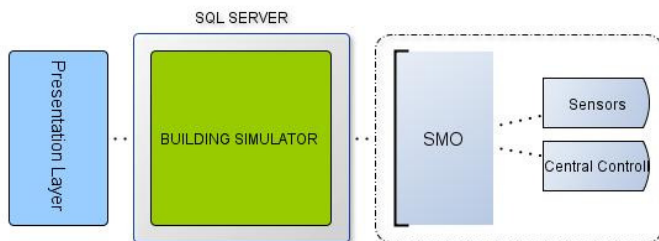


misyjnych tj. Ethernet, PTP<sup>3</sup>, UDP IP<sup>4</sup>, MS/TP<sup>5</sup>, ARCNET<sup>6</sup>, umożliwiając komunikację w każdej z powyższych metod transmisji jednocześnie. Wykorzystanie wspólnego protokołu pozwala na skomunikowanie ze sobą wielu urządzeń wykorzystujących rozmaite media transmisyjne.

Docelowo symulator zostanie wyposażony w porty wyjściowe pozwalające na przekazywanie sygnałów pomiarowych zgodnie ze standardem BACnet. W zamierzeniach platforma SMO po analizie danych pochodzących z symulatora będzie również miała możliwość interakcji z obiektem sterowania za pomocą wejść sterujących. Komunikacja z urządzeniami sterującymi odbywać się będzie również zgodnie ze standardem BACnet. W przypadku symulacji procesów termodynamicznych budynku wejścia sterujące symulatora służą do zmian nastaw układu grzewczego budynku (w tym poszczególnych pomieszczeń) w zależności od zdefiniowanych parametrów. Schemat oraz możliwości komunikacyjne symulatora przedstawione zostały na rys. 1.

### 1.3. Technologie wykorzystane przy budowie symulatora obiektu

W ramach projektu symulatora proponuje się koncepcję zintegrowanej aplikacji wykorzystującej serwer bazodanowy. Schemat budowy takiego zintegrowanego systemu przedstawia rys. 2.



Rys. 2. Schemat konfiguracyjny SMO i symulatora

Obecnie symulator oparty jest na silniku bazodanowym dostarczanym przez firmę Oracle. W początkowym stadium projektu postawiono na pełną separację pomiędzy logiką przechowywaną w wyodrębnionej do tego celu aplikacji a danymi eksperymentalnymi przechowywanymi w bazie danych. Jednak ze wzglę-

<sup>3</sup> PTP (ang. *Point to Point*) – protokół komunikacyjny używany przez modemy lub linie dzierżawione, wykorzystywany w RS-232.

<sup>4</sup> UDP IP – protokół komunikacyjny warstwy sieciowej modelu OSI.

<sup>5</sup> MS/TP (ang. *Master Slave/Token Passing*) – protokół komunikacji umożliwiający tworzenie logicznych węzłów typu master, które współpracują w logicznym kręgu *token-passing*.

<sup>6</sup> ARCNET (ang. *Attached Resource Computer Network*) – standard sieciowy uwzględniający protokół transmisyjny, dedykowany sprzęt oraz okablowanie.

du na olbrzymie możliwości obliczeniowe silnika bazodanowego, rozpoczęto proces migracji związany z przenoszeniem i implementacją logiki do serwera bazodanowego. Takie rozwiązanie przyczynia się do przyspieszenia działania symulatora oraz zwiększenia możliwości obliczeniowych systemu. Dużym utrudnieniem przy tym rozwiązaniu okazało się zarządzanie samą strukturą projektu, przestawienie się na inny model pisania aplikacji w oparciu o język PL/SQL<sup>7</sup> [8] oraz udostępniane mechanizmy serwera SQL<sup>8</sup>.

#### 1.4. Integracja SMO z symulatorem

Połączenie dwóch odrębnych systemów wiąże się z uniwersalnością, która jest istotna przy dalszym rozwoju aplikacji. Koncepcja ta nie tylko ułatwi integrację symulatora obiektu z aplikacją SMO, ale również pozwoli na stworzenie magistrali zapewniającej m.in. przesyłanie systemowych komunikatów oraz kompleksową komunikację pomiędzy urządzeniami czy symulatorem a użytkownikami końcowymi. Rozwiązaniem, które eliminuje praktycznie wszystkie ograniczenia związane z przetwarzaniem informacji w obrębie całego systemu jest implementacja, której opis przedstawiono poniżej.

## 2. Diagnostic Service Bus

Centralnym medium jest diagnostyczna szyna danych DSB<sup>9</sup>.

### 2.1. Model SOA

W informatyce dawno dostrzeżono problem związany z łączeniem wielu różnych aplikacji (często napisanych w innych językach z użyciem różnych technologii). Środkiem pozwalającym na rozwiązanie zadania łączenia różnych metod programowania okazała się filozofia, a właściwie idea, określana mianem architektury zorientowanej usługowo. SOA<sup>10</sup> [7] to jedynie pomysł na budowanie systemów zorientowanych na dostarczaniu usług, działających według określonych kryteriów, niezależnie od konkretnych technologii. Dla użytkownika końcowego serwisy są jedynie czarnymi skrzynkami, których zawartość nie musi być powszechnie dostępna. W tym przypadku liczy się jedynie metoda podawania parametrów wejściowych i otrzymywania na wyjściu danych przetworzonych.

Realizację koncepcji SOA stanowi stworzony model aplikacji DSB wykorzystywany do diagnostyki budynków. Pomysł na wykorzystanie szyny danych

<sup>7</sup> PL/SQL – proceduralny język SQL, który umożliwia tworzenie konstrukcji takich jak pętle, instrukcje warunkowe oraz zmienne.

<sup>8</sup> SQL (ang. *Structured Query Language*) – strukturalny język zapytań do baz danych.

<sup>9</sup> DSB (ang. *Diagnostic Service Bus*) – diagnostyczna szyna danych.

<sup>10</sup> SOA (ang. *Service Oriented Architecture*) – architektura zorientowana na usługi.

w diagnostyce obiektów przemysłowych związany jest z możliwością wykorzystania stworzonych wcześniej modułów programowych pracujących w oparciu o różne technologie. W trakcie prac dotyczących Diagnostycznej Szyny Danych przeanalizowano sposoby i metody realizacji innych systemów zorientowanych usługowo, opartych o ESB<sup>11</sup> [5], tj. MULE<sup>12</sup> [3] i Biztalk<sup>13</sup> [1]. Zdobyte doświadczenie pozwoliło na realizację rozwiązania dostosowanego do potrzeb diagnostyki obiektów przemysłowych.

## 2.2. Przesyłanie danych

Szyna DSB pozwala na połączenie nie tylko aplikacji komputerowych, ale również umożliwia obsługę urządzeń komunikujących się w standardzie TCP/IP<sup>14</sup>. Z punktu widzenia systemów pomiarowych otrzymuje się rozwiązanie ułatwiające dokonywanie integracji czujników z systemami przetwarzania informacji pomiarowych. Wspólna szyna danych posiada jeden standard zapisu i przesyłania informacji. W przypadku rozwiązania DSB format przesyłanych wiadomości jest zgodny ze standardem XML.

Taki sposób zapewnia wysoką elastyczność i umożliwia transformację zawartości wiadomości z jednego formatu na inny. Proces przetwarzania danych, pochodzących z instrumentów pomiarowych wymaga zastosowania analizy etapowej. Czujniki podłączone są do DSB poprzez standard TCP/IP. DSB pobiera dane pomiarowe, a następnie dokonuje ich transformacji do obowiązującego standardu przesyłania wiadomości. Na kolejnym etapie dane poddawane są przetwarzaniu wstępnemu (ang. *pre-procesing*). Analiza na tym poziomie pozwala określić przydatność pobranej informacji. Kolejne etapy zależą od konstrukcji systemu pomiarowo-wnioskującego.

## 2.3. DSB vs. CANOpen

Powszechnym i dobrze znanym w automatyce rozwiązaniem służącym do komunikacji pomiędzy urządzeniami w sieciach przemysłowych jest protokół CANOpen. Pozwala on na standaryzację sposobu komunikacji pomiędzy urządzeniami w systemach wbudowanych. Opracowaniem oraz wdrożeniem tego rozwiązania zajęła się firma Bosch i międzynarodowa grupa CiA<sup>15</sup> zrzeszająca użytkowników i producentów urządzeń [2]. CANOpen charakteryzuje się wysoką niezawodnością i odpornością na zakłócenia. Niewątpliwym atutem interfejsu

<sup>11</sup> ESB (ang. *Enterprise Service Bus*) – korporacyjna magistrala usług.

<sup>12</sup> MULE – aplikacja o architekturze zorientowanej na usługi.

<sup>13</sup> Biztalk – komercyjne rozwiązanie klasy ESB firmy Microsoft.

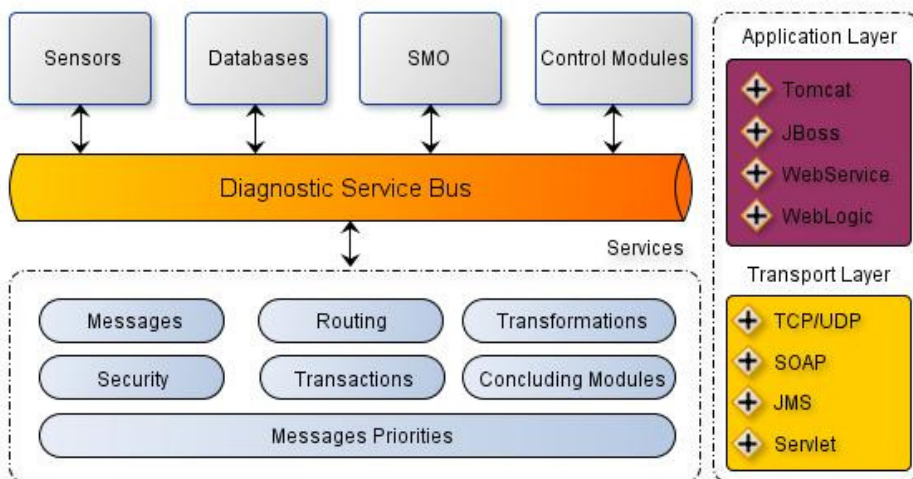
<sup>14</sup> TCP/IP (ang. *Transmission Control Protocol/ Internet Protocol*) – protokół komunikacji sieciowej.

<sup>15</sup> CIA (ang. *CAN in Automation*) – CAN w automatyce.



su są też stosunkowo niskie koszty wdrożenia oraz dostępność urządzeń wykorzystujących to rozwiązanie komunikacyjne.

Zaletą takiego rozwiązania jest możliwość kilkukrotnego wykorzystania pojedynczej informacji znajdującej się na szynie DSB.



Rys. 3. Schemat szyny DSB

Przykładowo, można jednocześnie dokonywać wizualizacji i przetwarzania tej samej transportowanej informacji. Z punktu widzenia zarządzania wiadomościami na szynie DSB istnieje możliwość całkowitej kontroli kierunku i sposobu przesyłania danych. Schemat DSB przedstawiono na rys. 3.

DSB w stosunku do CANOpen daje jeszcze większe możliwości. Informacja przekazywana szynie DSB pozwala na przydzielanie jej priorytetów (tak jak ma to miejsce w CANOpen). Istnieje również możliwość przetwarzania danych przekazywanych magistrali w tym samym czasie przez kilka procesów (aplikacji) korzystających równoległe/równocześnie z DSB.

Rozwiązanie to pozwala na wielopoziomową implementację przetwarzania. Sygnały pomiarowe mogą być wówczas klasyfikowane z różnymi priorytetami ważności oraz adekwatnie przetwarzane. DSB posiada również liczne interfejsy pozwalające na łatwą implementację dodatkowych funkcjonalności. Instalacja dodatkowego oprogramowania sprowadza się jedynie do połączenia stworzonej aplikacji z szyną DSB w oparciu o odpowiedni standard, np. SOAP<sup>16</sup>, warstwy

<sup>16</sup> SOAP (ang. *Simple Object Access Protocol*) – protokół wywoływania zdalnego dostępu do obiektów.



TCP/IP, JMS<sup>17</sup> [6], JDBC<sup>18</sup>, HTTP<sup>19</sup>. Funkcjonalność, będąca obecnie przedmiotem badań, związana jest ze spełnieniem standardów stawianych systemom czasu rzeczywistego, gdyż testowana szyna na obecnym etapie – przy dużej ilości przetwarzanej informacji – nie spełnia tych wymogów.

Mnogość ogólnie znanych i używanych w świecie informatyki standardów pozwala na efektywne rozbudowanie systemu również pod względem agregacji danych statystycznych oraz raportowania. Są one szczególnie istotne przy optymalizacji procesów ekonomicznych związanych z monitorowaniem obiektów. DSB wydaje się być zatem nowoczesnym narzędziem i sposobem patrzenia na integrację automatyki i informatyki w obiektach przemysłowych.

#### 2.4. Integracja SMO i DSB

Sieciowy Monitor Obiektu [13] jest aplikacją umożliwiającą obserwację i analizę monitorowanych wartości fizycznych. Jest to system autonomiczny, który reaguje w sytuacjach zdefiniowanych przez użytkownika/eksperta jako niepoprawne bądź też krytyczne. Do analizy sygnałów pomiarowych stosuje się odpowiedni moduł wnioskowania rozmytego. Testy systemu w warunkach rzeczywistych uwypukliły problem związany z przetwarzaniem dużej liczby danych pomiarowych. Urządzenia wbudowane wyposażone w system SMO często zbyt długo przeprowadzały proces wnioskowania, przekraczając tym samym stawiane im wymagania czasowe. Idea wykorzystania wspólnej szyny danych dla urządzeń SMO, umożliwiającej szybką wymianę informacji zaowocowała projektem magistrali DSB.

Choć magistrala miała służyć jedynie jako wspomagające medium komunikacyjne, w trakcie prac projektowych powstała koncepcja budowy aplikacji zorientowanej na usługi. Dzięki takiemu rozwiązaniu w przypadku nadmiaru analizowanych danych, urządzenia będą mogły przekazywać ich część do magistrali w celu zwiększenia całkowitej wydajności systemu. Przepływ danych uzależniony jest wówczas od konfiguracji systemu; nieprzetworzone informacje mogą trafić do innych nieużywanych w danej chwili urządzeń wbudowanych, bądź też do centralnego urządzenia obliczeniowego. Istotną zaletą takiego rozwiązania jest możliwość wykorzystania tej samej informacji przez kilka modułów jednocześnie, np. moduł wnioskujący, raportujący czy wykonawczy. Zrównoleglenie operacji przyczynia się do podniesienia wydajności systemu diagnostycznego oraz kompleksowości wcielanych usług.

<sup>17</sup> JMS (ang. *Java Messaging Service*) – zestaw interfejsów i modeli przesyłania danych w języku Java.

<sup>18</sup> JDBC (ang. *Java DataBase Connectivity*) – interfejs umożliwiający porozumienie się aplikacji napisanych w języku Java z bazą danych.

<sup>19</sup> HTTP (ang. *Hypertext Transfer Protocol*) – protokół przesyłania dokumentów hipertekstowych.





## Podsumowanie

Rosnące w niezwykle szybkim tempie ceny energii oraz zapotrzebowanie na nią stanowią istotne czynniki motywacyjne dla poszukiwania kompromisu pomiędzy stopniem zaspokojenia potrzeb a oszczędnością. Zjawisko to jest niezwykle istotne w warunkach biznesowych i przemysłowych. Projektowanie wydajnych systemów automatyki pozwala na koordynację działania systemów oświetleniowych, klimatyzacyjnych oraz cieplnych. Dzięki temu pojawia się możliwość zadbania nie tylko o obniżenie kosztów, ale również o ochronę środowiska naturalnego. Obecnie procesy związane z wdrażaniem tego typu systemów są jeszcze dość trudne. Wydaje się, że rozwój koncepcji DSB może wpłynąć na zwiększenie wydajności projektowanych zintegrowanych systemów zarządzających inteligentnymi budynkami, usprawnienie ich działania oraz przyczyni się do ochrony środowiska.

## Bibliografia

1. BIZTALK (2011). MS Biztalk Server (strona internetowa). <http://www.microsoft.com/biztalk/en/us/default.aspx>.
2. CANOPEN (2011). Sieci Przemysłowe (strona internetowa). <http://www.isaa.pl/komunikacja/canopen-specyfikacja>.
3. MULE (2011). Mule ESB Community (strona internetowa). <http://mulesoft.org/>.
4. Dopka M., Czarnecki P. (2010). Suboptymalne zarządzanie procesami cieplnymi inteligentnego budynku mieszkalnego (praca inżynierska, promotor: Profesor Z. Kowalczuk). Politechnika Gdańska, Gdańsk.
5. Chappell D. (2004). Enterprise Service Bus: Theory in Practice.
6. Eckel B. (2006). Thinking in Java. President, MindView, Inc., Massachusetts.
7. Erl T. (2009). Service-Oriented Architecture. Pearson Education, Inc. Indiana.
8. Feuerstein S., Pribyl B. (1995). Oracle PL/SQL Programming. O'Reilly Media Inc., California.
9. Kowalczuk Z. (2009a). Systemy Wykrywające, Analizujące i Tolerujące Usterki. PWNT, Gdańsk.
10. Kowalczuk Z. (2009b). Diagnosis of Processes and Systems. PWNT, Gdańsk.
11. Kowalczuk Z. (2010). Charakterystyka Energetyczna Budynków. PWNT, Gdańsk.
12. Kowalczuk Z., Wszółek J. (2009a). Monitoring objects over networks. Systems Science, vol. 35, no. 3, pp. 49–53.



13. Kowalczyk Z., Wszolek J. (2009b). Sieciowy monitoring i diagnostyka obiektów. W: Kowalczyk Z. (2009a). Systemy wykrywające i tolerujące usterki, s. 227–234.
14. Wolfhard L. (1997). Can System Engineering: From Theory to Practical Applications. Springer, New York.

Recenzenci:  
**Michał BARTYŚ**  
**Wiesław WAJS**

## **The Diagnosis of Objects with the use of Common Service Bus Diagnostic Service Bus DSB**

### **Key words**

Diagnostics, industrial facilities, computer systems, databases, computer networks, communication, bus systems, intelligent building, simulation platform.

### **Summary**

This paper presents a method of adapting and using bus services in the diagnosis of industrial facilities and plants. The concept of a communication medium, based on the SOA architecture, is an attempt to solve some performance problems of the Network Monitor Object NMO, a project developed in Gdansk University of Technology. The idea is to increase the NMO performance by using a common data bus, referred to as a Diagnostic Service Bus (DSB). The bus allows for system communication and also enables the data to be concurrently used by different applications (services). In this way, the system of the diagnostics of industrial objects, equipped with the NMO integrated with DSB, becomes more efficient. A DSB prototype is in testing. A special design concern is fixed on the real-time feature (response) of the system.

