

Rozproszony system SCADA do sterowania i zarządzania instalacjami w inteligentnych budynkach

Marcin Nowak, Mariusz Nowak

Wprowadzenie

W obecnych czasach inteligentne systemy budynkowe można spotkać zarówno w budynkach będących siedzibami wielkich korporacji, halach produkcyjnych, budynkach użyteczności publicznej, jak i w budynkach wielorodzinnych, a także w zwykłych domach jednorodzinnych. Powszechność implementacji rozwiązań z dziedziny inteligentnego budownictwa jest wynikiem trendu obniżania całościowych kosztów wdrożenia inteligentnych systemów budynkowych. Czynnikiem mającym wpływ na zwiększenie możliwości implementacji rozwiązań inteligentnego budownictwa, zarówno dla nowych inwestycji budowlanych, jak i dla już istniejących, ale modernizowanych budynków, szczególnie dla niezbyt zamożnych inwestorów, jest także coraz powszechniejszy dostęp do otwartych standardów i interfejsów komunikacyjnych [5].

W zaawansowanym systemie sterowania i zarządzania instalacjami w budynku inteligentnym szczególną rolę odgrywa system typu SCADA (ang. *Supervisory Control and Data Acquisition*), który nie tylko integruje sterowanie wszystkimi instalacjami budynkowymi – czyli pełni funkcje BMS (ang. *Building Management System*), ale pozwala na nadrzędne sterowanie wszystkimi systemami budynkowymi z coraz częstszym wykorzystywaniem inteligentnych algorytmów sterowania. Obecnie na rynku dostępna jest szeroka gama rozwiązań systemów typu SCADA, które mogą być wykorzystywane do sterowania i zarządzania instalacjami i systemami w inteligentnych budynkach. Oprogramowanie to dzieli się na dedykowane do konkretnych zastosowań lub ogólnego przeznaczenia. W zależności od stopnia skomplikowania instalacji technicznych w budynku, wielkości budynku lub coraz częściej liczby budynków wchodzących w skład kompleksu budowlanego oraz od możliwości finansowych inwestorów (użytkowników) podejmowane są decyzje o konkretnym wyborze rozwiązań informatycznych składających się na system SCADA dedykowany do zastosowań w inteligentnym budownictwie lub system SCADA ogólnego przeznaczenia.

Głównym zadaniem systemów SCADA wykorzystywanych w inteligentnym budownictwie jest minimalizowanie kosztów funkcjonowania budynku przy jednoczesnym zapewnianiu szeroko pojętego bezpieczeństwa oraz komfortu osobom w nim przebywającym. Dodatkowo elementem zachęcającym do wyposażania nowo budowanych budynków lub budynków już istniejących, w których prowadzonych jest generalny remont, w inteligentne systemy sterowania i zarządzania jest wprowadzona Dyrektywa Parlamentu Europejskiego i Rady Europy nr 2010/31/UE. Dyrektywa ta zwraca uwagę, że funkcjonowanie budynków odpowiada za 40% łącznego zużycia energii w Unii

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano systemy typu SCADA dedykowane dla zastosowań w inteligentnym budownictwie oraz należące do grupy systemów ogólnego przeznaczenia. Przedstawiono instalacje techniczne spotykane w budynkach inteligentnych, które zarządzane są przez systemy SCADA. W związku z coraz częściej spotykanymi inwestycjami budowlanymi składającymi się z kilku budynków mających jednego właściciela i rozmieszczonych na określonym obszarze, zaproponowano projekt rozproszonego systemu SCADA. Zadaniem rozproszonego systemu SCADA jest zarządzanie instalacjami budynkowymi w całym kompleksie budowlanym w kontekście minimalizacji kosztów funkcjonowania budynków z jednoczesnym zapewnieniem bezpieczeństwa i komfortu osobom w nich przebywającym. Rozproszony system SCADA oparty jest na aktualnych, nowoczesnych rozwiązaniach informatycznych z zakresu sieci komputerowych, baz danych i rozwiązań webowych. Główną cechą przedstawionego systemu jest otwartość i możliwość współpracy z mobilnymi klientami działającymi na różnych platformach systemowych i sieciowych z zachowaniem określonego poziomu bezpieczeństwa informatycznego.

DISTRIBUTED SCADA SYSTEM FOR CONTROL AND MANAGEMENT OF INSTALLATIONS IN INTELLIGENT BUILDINGS

Abstract: In this article dedicated SCADA systems and general-purpose SCADA systems were characterized. Technical installations found in intelligent buildings that are managed by SCADA systems was described. More and more often building investments consist of several buildings. A project of the distributed SCADA system dedicated for several buildings for management and control of the installations in intelligent building was described. The tasks of distributed SCADA system are: minimizing the cost of operation of buildings and provide safety and comfort for the occupants. The distributed SCADA system is based on current, modern IT solutions in the field of computer networks, databases and web solutions. The system is open and allows the use with mobile clients operating on different platforms and network while maintaining a certain level of information security.

Europejskiej, a obserwowany ciągły wzrost sektora budowlanego przyczynia się do dalszego wzrostu zużycia energii, która powinna być w coraz większym stopniu pozyskiwana ze źródeł odnawialnych. Celem Unii Europejskiej, przedstawionym

w Dyrektywie, jest obniżenie zużycia energii przez budynki o 20% do 2020 roku. Osiągnięcie tych celów będzie możliwe tylko wtedy, gdy budynki będą zarządzane przez zaawansowane systemy SCADA [1, 4, 6].

Instalacje techniczne, systemy zarządzania instalacjami w inteligentnym budownictwie

Podstawowe instalacje techniczne, w które wyposaża się każdy nowo budowany budynek, to instalacje: elektryczna, oświetleniowa i telekomunikacyjna oraz instalacja grzewcza i wentylacyjna. Budynki mające funkcjonować jako inteligentne wyposaża się dodatkowo w instalacje: przeciwpożarową oraz kontroli dostępu i dozoru. Spotyka się również rozwiązania, gdzie w budynku bez zainstalowanego centralnego zarządzania i sterowania znajdują się, oprócz instalacji podstawowych, instalacje: przeciwpożarowa oraz kontroli dostępu i dozoru wraz z monitoringiem. Budynki posiadające wszystkie możliwe instalacje techniczne, jednak bez centralnej integracji w systemie nadrzędnego sterowania, nie są już dzisiaj nazywane budynkami inteligentnymi. Wdrożenie systemu SCADA, zapewniającego odpowiednią komunikację pomiędzy urządzeniami pomiarowymi i wykonawczymi a sterownikami obiektowymi i stacjami operatorskimi oraz realizującego algorytmy sterowania wszystkimi instalacjami budynkowymi jest podstawowym zadaniem realizowanym w powstającej nowoczesnej inwestycji budowlanej.

Każdy system SCADA zarządzający instalacjami technicznymi w budynku inteligentnym ma za zadanie realizację następujących zadań szczegółowych [4, 5]:

- komunikacja ze sterownikami PLC, dedykowanymi regulatorami oraz koncentratorami danych pomiarowych;
- przetwarzanie zmiennych procesowych poprzez generację bilansów oraz obliczanie zmiennych niemierzalnych;
- oddziaływanie na procesy realizowane w budynku inteligentnym poprzez sterowanie ręczną pracą urządzeń budynkowych z poziomu konsoli;
- nadzór i nadrzędna kontrola instalacji technicznych w budynku;
- sygnalizacja stanów alarmowych instalacji oraz urządzeń automatyki budynkowej;
- archiwizacja danych procesowych wraz z raportowaniem i prowadzeniem analiz statystycznych i generowaniem trendów;
- graficzna i tekstowa wizualizacja pracy urządzeń i instalacji na ekranach synoptycznych;
- wspomaganie konstrukcji struktur algorytmicznych;
- automatyczna obsługa działań powtarzalnych i rutynowych;
- prognozowanie zużycia materiałów eksploatacyjnych w budynku;
- zarządzanie gospodarką remontową urządzeń automatyki budynkowej.

Systemy nadrzędnej kontroli i sterowania, w które wyposaża się budynki, korzystają z dynamicznego rozwoju technologii informatycznych, szczególnie sieci komputerowych i baz danych. Potrzeba objęcia zasięgiem działania już nie tylko pojedynczego obiektu budowlanego, ale również urządzeń zlokalizowanych w budynkach rozmieszczonych na pewnym obszarze spowodowała, że zaczęły powstawać aplikacje typu SCADA, realizowane w architekturze rozproszonej. Implementacja architektury rozproszonej pozwala prowadzić akwizycję danych, jak

również sterować instalacjami funkcjonującymi w budynkach, zlokalizowanych w dowolnym położeniu geograficznym, połączonych ze sobą jedynie za pomocą sieci teleinformatycznej [3].

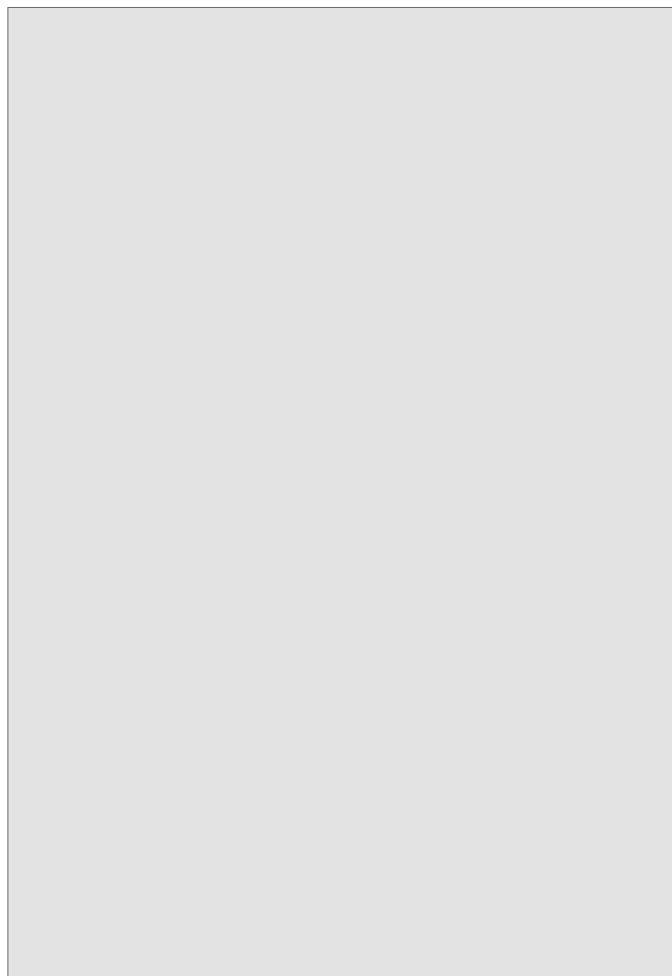
W dalszej części zostanie przedstawiony projekt rozproszonego systemu SCADA do zarządzania i sterowania instalacjami technicznymi w inteligentnym budownictwie, gdzie należy zarządzać funkcjonowaniem kilku budynków w określonej lokalizacji.

Projekt rozproszonego systemu SCADA dla inteligentnego budownictwa

Coraz częściej można spotkać inwestycje budowlane, gdzie budowanych jest kilka budynków, razem stanowiących kompleks budowlany będący w zarządzaniu jednego właściciela. Typowym przykładem mogą być kompleksy: biurowo-przemysłowe, sportowo-rekreacyjne, ośrodki wypoczynkowe, kampusy akademickie. Lokalizacja kilku budynków w pewnej niedużej odległości od siebie wymusza zastosowanie innych rozwiązań w zakresie systemów zarządzania i sterowania niż w przypadku pojedynczego budynku.

W przypadku konieczności centralnego zarządzania instalacjami budynkowymi w kompleksie budowlanym celowym staje się wykorzystanie rozproszonego systemu SCADA. System taki składa się z sieci komputerów zlokalizowanych w każdym z budynków, połączonych siecią ze sterownikami PLC i regulatorami przemysłowymi, które zapewniają komunikację z urządzeniami pomiarowymi i wykonawczymi. Nadrzędną rolę w pro-

reklama

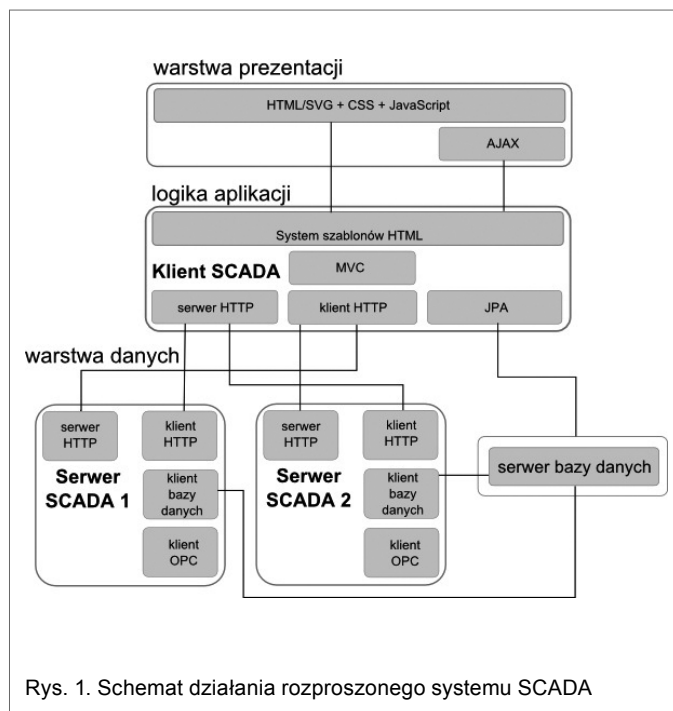


cesie komunikacji pełni moduł wizualizacji HMI (ang. *Human Machine Interface*) zainstalowany na odrębnej maszynie i pełniący funkcję klienta dla wszystkich serwerów zbierających dane w systemie informatycznym. W takim rozwiązaniu proces komunikacji polega na wysłaniu informacji z klienta SCADA do odpowiedniego serwera znajdującego się w konkretnym budynku, który następnie przekaże odpowiednie sygnały sterujące do właściwego urządzenia wykonawczego. Wymiana danych od serwerów do klienta odbywa się tym samym kanałem komunikacyjnym.

Często pojawiającym się problemem przy wymianie danych pomiędzy sterownikami PLC a serwerami danych jest konieczność dostosowania wykorzystywanego protokołu komunikacyjnego do jak największej liczby rozwiązań oferowanych przez producentów urządzeń realizujących funkcje automatycznej regulacji. Jednym z rozwiązań jest zastosowanie technologii OPC (ang. *OLE for Process Control*), która zapewnia jednolity dostęp do danych bez względu na rodzaj wykorzystywanego protokołu komunikacyjnego [2, 3]. Technologia OPC działa na zasadzie komunikacji klient – serwer, gdzie aplikacja klienccka udostępnia dane pomiarowe w postaci zmiennych, których wartości można kontrolować z poziomu innych, wykorzystywanych programów. Dzisiaj wiele języków programowania posiada biblioteki umożliwiające stworzenie gotowego klienta protokołu OPC, co jest kolejnym argumentem przemawiającym za wykorzystaniem tego standardu w systemach SCADA instalowanych w inteligentnych budynkach. Szczegóły dotyczące konkretnej specyfikacji definiującej daną funkcjonalność OPC, które wykorzystywane są w rozproszonym systemie SCADA zostały szerzej przedstawione we wcześniejszych publikacjach autorów [3, 5].

Zgromadzone na serwerach bazodanowych informacje o stanach zmiennych procesowych mogą być wykorzystywane do graficznego wizualizowania stanów instalacji budynkowych w aplikacji klienckiej oraz w celu prowadzenia archiwizacji pomiarów w bazie danych. Proces zapisywania kolejnych wartości pomiarowych i stanów instalacji sprawia, że ilość informacji w bazie danych przyrasta w szybkim tempie, szczególnie w przypadku archiwizacji prowadzonej z wielu budynków w tym samym czasie. Wykorzystanie standardowych, relacyjnych baz danych wiąże się z ciągłym powstawaniem problemów z wydajnością przetwarzania ogromnej liczby rekordów. Tabele, gromadzące napływające z serwerów pomiary, zapisują jedynie informacje o nazwie parametru, jego wartości oraz czasie wykonania operacji. Tabele nie zawierają relacji do innych obiektów bazy danych. Otwiera to nowe możliwości zastosowania jednej spośród dynamicznie rozwijających się nierelacyjnych baz danych. Przykładami takich systemów są CouchDB oraz MongoDB, które znacznie szybciej zwracają zarchiwizowane wartości niż rozwiązania relacyjne [7, 10].

Wielu producentów systemów SCADA zapewnia dostęp do swoich aplikacji za pośrednictwem przeglądarek internetowych. Rozwiązanie takie posiada szereg określonych zalet. Przede wszystkim zapewniona jest możliwość zdalnego dostępu do nadzorowanej instalacji z każdego komputera w sieci. Ze względów bezpieczeństwa jest to najczęściej sieć komputerowa typu intranet. Osadzenie modułu wizualizacji w przeglądarce sprawia, że aplikacja nie jest zależna od rodzaju systemu operacyjnego zainstalowanego na komputerze, z którego uzyskiwany jest dostęp. Dodatkowo w przypadku wykorzystania wielu klientów na wielu osobnych maszynach nie ma konieczności instalacji



programu na każdym stanowisku z osobna. Wykorzystanie dostępu do instalacji budynkowych w rozproszonym systemie SCADA poprzez sieć WWW (ang. *World Wide Web*), pozwala dodatkowo zaprezentować część funkcjonalności systemu nadzorowania i sterowania za pomocą urządzeń mobilnych, takich jak tablet czy smartphon. Dotykowe ekrany tych urządzeń pozwalają w atrakcyjny sposób przedstawić wizualizacje nadzorowanych procesów w inteligentnych budynkach. Aplikacje internetowe działają w oparciu o protokół HTTP (ang. *Hypertext Transfer Protocol*), który można wykorzystać do realizacji transmisji pomiędzy odległymi serwerami zbierającymi dane a klientem. Działanie serwera sprowadza się w tym przypadku do pobrania danych dzięki wbudowanemu klientowi OPC, a następnie udostępnienia ich za pomocą HTTP do modułu wizualizacji. Za każdym razem, gdy serwer wysła komunikat HTTP pod adres i port, na którym jest uruchomiona usługa klienta, aplikacja internetowa uaktualnia swój stan w oparciu o wartości przekazanych parametrów. Sterowanie z poziomu przeglądarki odbywa się również za pośrednictwem protokołu HTTP i polega na wysłaniu informacji z klienta do wbudowanego serwera HTTP, będącego częścią serwera SCADA.

Większość firm oferujących zapewnianie internetowego dostępu do systemów SCADA projektuje swoje aplikacje w postaci apletów języka Java, które są autonomicznymi aplikacjami, niezależnymi od środowiska przeglądarki WWW. Innym alternatywnym podejściem do programowania klienta może być wykorzystanie technologii działających *stricte* w oparciu o przeglądarkę, takich jak JavaScript oraz AJAX (ang. *Asynchronous JavaScript and XML*). W ciągu ostatnich lat język JavaScript rozwinął się z technologii wspomagającej twórców prostych stron w standardzie HTML w potężne narzędzie, wykorzystywane do tworzenia zaawansowanych aplikacji internetowych. Jeszcze do niedawna problemem technologii JavaScript była jej niespójność działania pod kontrolą przeglądarek różnych producentów. Kwestia ta została rozwiązana wraz z pojawieniem się na rynku frameworków tego języka, takich jak jQuery czy Pro-

totype, które zapewniły uniwersalność funkcjonowania programów [8, 9]. Technologia AJAX rozwiązuje największy problem aplikacji sieciowych, którym jest konieczność przeładowywania strony w celu odświeżenia zawartych w niej informacji. Komunikację pomiędzy klientem a serwerem zapewnia wbudowany w przeglądarkę obiekt XMLHttpRequest, który wysyła komunikaty za pomocą metod POST lub GET i otrzymuje odpowiedzi w formatach takich, jak XML (ang. *Extensible Markup Language*) czy JSON (ang. *JavaScript Object Notation*). Dzięki AJAX aplikacja klienta SCADA może w czasie rzeczywistym (z opóźnieniami wynikającymi tylko ze specyfiki transmisji sieciowej) zmieniać i prezentować użytkownikowi swój stan. Jednak chcąc uczynić proces wymiany danych wydajnym, nie wystarczy zaprojektować aplikację, która będzie wysyłała co określony kwant czasu żądanie pobrania danych, nawet jeżeli stan danego urządzenia lub wartość konkretnego pomiaru nie ulegnie zmianie. Większość wartości zmiennych procesowych odczytywanych w budynkach, takich jak temperatura powietrza, wilgotność, obecność użytkowników itp., nie zmienia swojej wartości co sekundę, co sprawia, że wysoce nieefektywne byłoby „odpytywanie” serwera w tak krótkich odstępach czasu. W tym miejscu z pomocą przychodzi technologia Long-polling, która jest alternatywnym modelem tworzenia aplikacji internetowych, w którym to serwer jest w stanie przesłać dane do przeglądarki bez wcześniejszego wywołania ze strony klienta. Dopiero zmiana na serwerze (np. pojawienie się nowych pomiarów) przesyła informacje do użytkownika. Żądanie HTTP jest w stanie oczekiwać przez cały czas upływający od jego wysłania do pojawienia się zmian na serwerze. Działanie Long-polling łatwo jest zrealizować np. w oparciu o technologię Java EE (ang. *Java Enterprise Edition*) [11].

Schemat działania rozproszonego systemu SCADA został przedstawiony na rys. 1. Działanie systemu realizowane jest w rozbiciu na trzy warstwy. W najniższej znajdują się serwery danych SCADA, które komunikują się z klientem w celu wymiany informacji. W drugiej warstwie ulokowana została logika aplikacji SCADA, która realizuje komunikację z serwerami, a następnie przetwarza dane i wysyła je do warstwy prezentacji. Operator/nadzorca systemu otrzymuje wygenerowany do-

kument HTML lub SVG, wzbogacony o skrypty JavaScript. Takie podejście w tworzeniu zasad działania systemu pozwala na wyraźne oddzielenie opisu działania programu od sposobu jego prezentowania w przeglądarce WWW.

Głównym elementem każdego klienta SCADA jest moduł wizualizacji, który za pomocą graficznych animacji prezentuje aktualny stan zarządzanego obiektu lub instalacji w budynku inteligentnym. Dużą zaletą wielu systemów SCADA jest możliwość wykorzystania grafiki wektorowej, co znacznie podnosi jakość prezentacji, szczególnie w dowolnym powiększeniu. Przeglądarki internetowe same realizują funkcjonalność powiększania i pomniejszania prezentowanych w nich w różnej formie informacji, co obciąża projektantów do zadbania o odpowiednią jakość grafiki. SVG jest jednym z formatów dwuwymiarowej grafiki wektorowej, który idealnie nadaje się do wykorzystania w aplikacji wizualizacji internetowej (zarówno statycznej, jak i animowanej), gdyż jest oparty na standardzie XML. Ponadto animowanie obiektów SVG jest realizowane przez niektóre frameworki JavaScript, takie jak jQuery. Połączenie wymienionych technik sprawia, że możliwa staje się wizualizacja w systemie SCADA w postaci strony WWW z dynamicznie zmienianą zawartością.

W przypadku projektów bazujących na przedstawionych rozwiązaniach informatycznych należy również zadbać o bezpieczeństwo przesyłanych informacji. Transmisja danych za pomocą protokołu HTTP nie jest bezpieczna, gdyż medium to nie jest w żaden sposób szyfrowane. Problem ten można jednak rozwiązać, wykorzystując do tego celu warstwę SSL (ang. *Secure Socket Layer*), która zapewnia odpowiednie bezpieczeństwo danym, nawet w dziedzinach objętych najwyższym ryzykiem.

Podsumowanie

Zaproponowany rozproszony system nadrzędnego sterowania i zarządzania instalacjami inteligentnego budynku dla kompleksu budowlanego wykorzystuje nowoczesne rozwiązania technologiczne z zakresu sieci komputerowych, systemów bazodanowych i aplikacji webowych. Obserwowany powszechny trend w projektowaniu rozwiązań informatycznych w formie aplikacji

typu Web wymusza na projektantach systemów typu SCADA uwzględnienie możliwości dostępu do systemów nadrzędnego sterowania poprzez sieć Internet. Elementem stymulującym dalszy rozwój rozproszonych systemów SCADA wykorzystywanych w inteligentnym budownictwie jest także ciągły rozwój urządzeń mobilnych, które pozwalają na zdalny dostęp do nadzorowanych procesów z poziomu przeglądarki WWW [5].

Przedstawione rozwiązanie rozproszonego systemu SCADA do zarządzania i sterowania instalacjami w kompleksie składającym się z kilku inteligentnych budynków jest otwarte na dalsze rozszerzenia i modyfikacje wynikające z ciągłego postępu zarówno w dziedzinie teleinformatyki, jak i automatyki budynkowej oraz zaawansowanych systemów sterowania [3].

Literatura

- [1] JARMUDA T.: *Zdecentralizowane systemy automatyzacji w energooszczędnym budynku inteligentnym*, „Napędy i Sterowanie”, 12/2011, s. 87–89.
- [2] MAHNKE W., LEITNER S-H., DAMM M.: *OPC Unified Architecture*, Springer, Berlin–Heidelberg 2009.
- [3] NOWAK MARCIN: *Rozproszony system SCADA*, Praca magisterska, Wydział Informatyki Politechniki Poznańskiej, Poznań 2012.
- [4] Nowak M.: *Zintegrowane systemy automatyki w inteligentnych budynkach*, XI Sympozjum: Integracja instalacji technicznych w budynkach, E. Sroczan (red.), Wyd. Oddziału Poznańskiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Poznań 2008, s. 18–21.
- [5] NOWAK M., SZYM CZAK A.: *Wykorzystanie technik mobilnych do sterowania instalacjami w inteligentnym budynku*, „Napędy i Sterowanie”, nr 12/2011, s. 82–86.
- [6] NOWAK M, URBANIAK A.: *Utilization of intelligent HMI/SCADA system in environmental engineering*, Proceedings of 11th International Carpathian Control Conference ICCCC'2010, Pub. Department of Automation University of Miskolc, Eger, Hungary, 2010, s. 83–86.
- [7] <http://couchdb.apache.org>
- [8] <http://jquery.com>
- [9] <http://prototypejs.org>
- [10] <http://www.mongodb.org>
- [11] <http://www.oracle.com/technetwork/java/javase/overview/index.html>

dr inż. Mariusz Nowak – adiunkt w Instytucie Informatyki na Wydziale Informatyki Politechniki Poznańskiej,
e-mail: Mariusz.Nowak@put.poznan.pl;

mgr inż. Marcin Nowak – absolwent Politechniki Poznańskiej na kierunku Informatyka, Wydział Informatyki, specjalność Technologie przetwarzania danych,
e-mail: prywatnie@marcin-nowak.pl

artykuł recenzowany