

Wykorzystanie technologii mobilnych do sterowania instalacjami w inteligentnym budynku

Mariusz Nowak, Adam Szymczak

1. Wprowadzenie

Systemy automatyki budynkowej jeszcze kilkanaście lat temu stosowane były tylko w dużych biurach wielkich korporacji i budynkach użyteczności publicznej. Głównym ograniczeniem w stosowaniu na szeroką skalę nowoczesnych inteligentnych systemów budynkowych były wysokie koszty instalacji oraz brak otwartych standardów i interfejsów komunikacyjnych. Instalowanym wówczas systemom budynkowym jako główny cel stawiano redukcję kosztów utrzymania budynku oraz minimalizację zużycia energii [1].

Analizując działanie systemów technicznych wykorzystywanych w budynkach, można wyróżnić inteligentne systemy automatyzacji budynków, które w największym stopniu decydują o inteligencji. Systemy takie, bazując na technice mikroprocesorowej, realizują funkcje sterowania, monitorowania i wizualizacji przy wykorzystaniu urządzeń automatyki, sieci komputerowych i telekomunikacyjnych oraz coraz częściej technologii mobilnych.

2. Instalacje w inteligentnym budynku

Współczesny budynek inteligentny wyposażony jest w wiele skomplikowanych instalacji technicznych. Do najważniejszych, spotykanych w każdym budynku inteligentnym, zaliczają się:

- instalacja elektryczna;
- instalacja przeciwpożarowa;
- instalacja oświetleniowa;
- instalacja HVAC (ang. *Heating, Ventilation and Air Conditioning*);
- instalacja kontroli dostępu i dozoru;
- instalacja sieci komputerowej.

Na system automatyki budynkowej oprócz wymienionych instalacji budynkowych składają się dodatkowo:

- inteligentne czujniki;

- sieć sterowników PLC oraz sterowników dedykowanych;
- systemy HMI (ang. *Human Machine Interface*);
- system SCADA (ang. *Supervisory Control And Data Acquisition*).

Najczęściej w budynkach inteligentnych spotyka się rozwiązanie, gdzie elementem integrującym wszystkie podsystemy automatyki w budynku inteligentnym jest BMS (ang. *Building Management System*). BMS jest zatem „mózgiem” inteligentnego budynku, który przetwarza otrzymywane informacje z sensorów. Zadaniem BMS jest generowanie odpowiednich sygnałów sterujących, wysyłanych do budynkowych urządzeń wykonawczych w celu zapewnienia optymalnego wykorzystania energii i odpowiedniego komfortu mikroklimatycznego w pomieszczeniach. Zadaniem BMS jest również monitorowanie i nadzór nad wszystkimi systemami budynkowymi [4].

Do systemów zarządzania budynkiem należy także BAS (ang. *Building Automation System*) – system centralnego sterowania i nadzoru wybranymi instalacjami technicznymi, takimi jak: instalacja wentylacji i klimatyzacji, instalacja ciepła i chłodu, instalacja oddymiająca. System BAS może działać niezależnie, jednak częściej spotyka się rozwiązania, gdzie BAS funkcjonuje pod kontrolą systemu BMS [5].

Niepodważalną zaletą systemu BMS jest dążenie do minimalizacji zużycia energii przez systemy budynkowe dzięki integracji pracy poszczególnych instalacji budynkowych oraz zapewnianie odpowiedniego komfortu mikroklimatycznego osobom przebywającym w budynku. Wadą stosowanych systemów BMS jest ich hermetyczność i stosunkowo niska podatność na możliwości modernizacji i rozszerzania istniejącego systemu o nowe, zaawansowane algorytmy sterowania [4].

Streszczenie: W artykule scharakteryzowano klasyczne systemy zarządzania instalacjami w budynkach inteligentnych. Przedstawiono projekt systemu sterowania, monitorowania i wizualizacji instalacji w inteligentnym budynku, wykorzystujący serwer OPC, architekturę SOA, platformę programistyczną .NET oraz usługi sieciowe oferowane przez WCF. Główną cechą przedstawionego systemu jest otwartość i pełna elastyczność w realizacji współpracy z mobilnymi klientami działającymi na różnych platformach systemowych i sieciowych.

UK USING MOBILE TECHNOLOGIES FOR THE CONTROL OF INSTALLATIONS IN THE INTELLIGENT BUILDING

Abstract: In this article classic management systems of installations in intelligent building were characterised. A project of the control, monitoring and visualisation system of the installations in intelligent building was described. This system uses a OPC server, SOA architecture, .NET platform and network services offered by WCF. The main feature of the presented system is open and full flexibility in the implementation of co-operation with mobile clients operating on different platforms and networking.

W artykule przedstawiono projekt systemu monitorowania, wizualizacji i sterowania instalacjami w budynku, w którym wykorzystano klasyczny system SCADA, sterowniki PLC oraz urządzenia mobilne spełniające rolę komponentów HMI, umiejscowionych na odpowiednich poziomach w warstwowej strukturze sterowania, monitorowania i wizualizacji [6].

2.1. Warstwa sterowania bezpośredniego instalacjami budynkowymi

W warstwie bezpośredniego sterowania instalacjami przewidziano możliwość wykorzystania sterowników PLC, dedykowanych sterowników dla instalacji budynkowych, regulatorów przemysłowych i regulatorów dedykowanych dla automatyki budynkowej oraz inteligentnych czujników (ang. *intelligent sensor, smart sensor*). Na sterownikach PLC zaimplementowano algorytmy regulacji bezpośredniej. Głównym zadaniem sterowników PLC jest czytanie zmiennych procesowych i sterowanie odpowiednimi instalacjami poprzez generowanie zmiennych sterujących. Sterowniki PLC wykorzystywane są także do realizacji funkcji diagnostycznych. W projekcie systemu sterowania, monitorowania i wizualizacji instalacji budynkowych założono możliwość pracy sterowników różnych producentów, z czym często można spotkać się w inteligentnych budynkach, które przeszły proces modernizacji lub rozbudowy. Gwarantem wzajemnej współpracy elementów warstwy sterowania bezpośredniego z elementami warstwy sterowania nadrzędnego, szczególnie w sytuacji różnorodności sterowników, jak i pozostałych urządzeń, jest serwer OPC (ang. *OLE for Process Control*). Najważniejszym zadaniem serwera OPC jest udostępnianie uproszczonego sposobu obsługi i komunikowania się sterowników PLC różnych producentów z systemami typu SCADA. OPC jest standardem przemysłowym stworzonym we współpracy producentów sprzętu oraz oprogramowania z dziedziny automatyki i firmą Microsoft. Nadrzędnym celem przy opracowywaniu serwera OPC było uniezależnienie nadzorczego oprogramowania monitorowania i sterowania od rozwiązań producenta sterowników i związanego z nimi oprogramowania. W prezentowanym projekcie systemu sterowania, monitorowania i wizualizacji instalacji w inteligentnym budynku przewidziano dodatkowo możliwość połączenia sterowników nieobsługujących technologii OPC, poprzez protokół Ethernet lub np. MPI, z urządzeniami typu HMI, które pozwalają na propagację danych do innych komponentów systemu sterowania i monitorowania.

2.2. Warstwa sterowania nadrzędnego instalacjami budynkowymi

Rolę nadzorcy systemu sterowania automatyką budynkową wraz z monito-

rowaniem i wizualizacją stanu instalacji budynkowych pełni system SCADA, w którym między innymi zaimplementowano algorytmy regulacji nadrzędnej. System SCADA realizuje następujące zadania szczegółowe:

- komunikacja ze sterownikami PLC, dedykowanymi regulatorami oraz koncentratorami danych pomiarowych;
- przetwarzanie zmiennych procesowych poprzez generację bilansów oraz obliczanie zmiennych niemierzalnych;
- oddziaływanie na proces poprzez sterowanie ręczne pracą urządzeń budynkowych z poziomu konsoli;
- nadzór i nadrzędna kontrola instalacji w budynku;
- sygnalizacja stanów alarmowych instalacji lub urządzeń automatyki budynkowej;
- archiwizacja danych procesowych wraz z raportowaniem i prowadzeniem analiz statystycznych;
- graficzna i tekstowa wizualizacja pracy 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 SCADA, dzięki swojej otwartości oraz szerokiemu spektrum zastosowań, znacząco rozszerzają możliwości nadzoru nad instalacjami w inteligentnym budynku. Dodatkową zaletą jest możliwość wykorzystania darmowych systemów SCADA, co jest szczególnie istotne dla inwestorów indywidualnych dysponujących ograniczonymi środkami finansowymi na realizację inteligentnych instalacji budynkowych.

W prezentowanym rozwiązaniu system nadrzędnego sterowania i akwizycji danych SCADA został stworzony z wykorzystaniem różnych architektur i platform programistycznych, co przyczyniło się przede wszystkim do znaczącego obniżenia kosztów. Dodatkowo system zarządzania instalacjami budynkowymi stał się otwarty na modyfikacje zarówno sprzętowe, jak i programowe oraz gotowy na wchłonięcie kolejnych modułów rozszerzających jego funkcjonalność. Poniżej scharakteryzowano wykorzystane architektury i platformy.

Architektura SOA (ang. *Service-Oriented Architecture*) jest architekturą

opartą na usługach. Architektura ta udostępnia komponenty pomiędzy różnymi platformami, technologiami, fizycznymi topologiami, granicami aplikacji, granicami wdrożeń i zaufania. Komponenty stworzonej aplikacji mogą być połączone w celu dostarczenia klientowi zaawansowanych usług. Architektura SOA została zaimplementowana dla realizacji komunikacji pomiędzy systemem nadzorczym SCADA a klientami w postaci urządzenia mobilnego lub stacjonarnego [3].

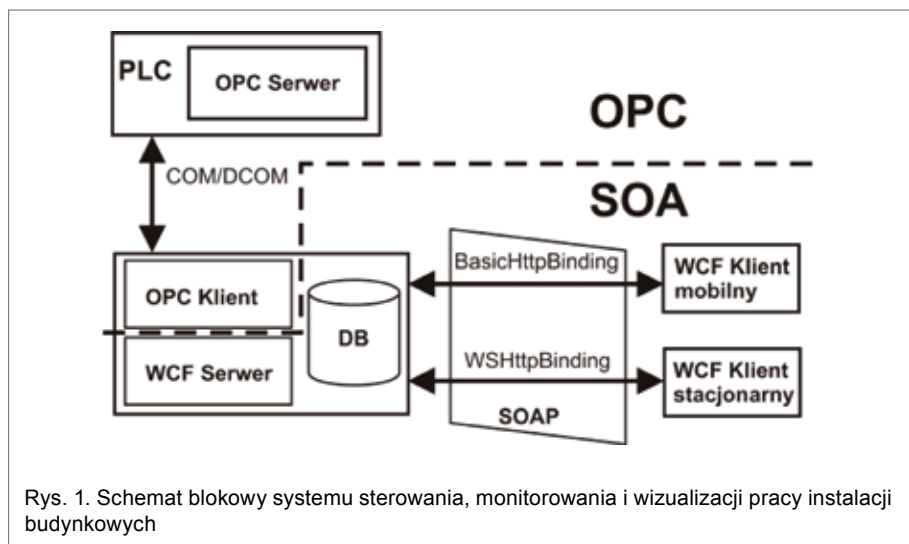
.NET jest platformą programistyczną stworzoną przez firmę Microsoft, umożliwiającą tworzenie oprogramowania w wielu językach (np. C++, C#, Visual Basic) oraz na platformę mobilną Windows Mobile (.NET Compact Framework – wersja mobilna platformy .NET). Platforma programistyczna .NET dostarcza biblioteki, klasy i środowisko uruchomieniowe CLR (ang. *Common Language Runtime*). Istotne jest, że programowanie dla tej platformy różni się znacząco od standardowego modelu programowania dla systemów klasy Win32, w którym programista jest obciążony wieloma zadaniami (np. wykonanie interfejsu graficznego).

Windows Communication Foundation (WCF) jest pewną generacją usług sieciowych. System ten został stworzony w oparciu o koncepcję SOA. Komunikacja z założenia jest zrealizowana na protokole komunikacyjnym SOAP (ang. *Simple Object Access Protocol*), który umożliwia łączność/komunikację pomiędzy wieloma różnymi platformami. Interfejs programistyczny WCF jest integralną częścią platformy .NET.

Klasyczne OPC (ang. *OLE for Process Control*) jest połączeniem wielu standardyzowanych interfejsów, które służą głównie do konsumpcji bieżących danych z urządzeń automatyki przemysłowej. Stworzono trzy główne specyfikacje w klasycznym OPC [8]:

- OPC Data Access – opisuje dostęp do aktualnych danych procesowych;
- OPC Alarm & Events – określa interfejs dla informacji opartych na zdarzeniach;
- OPC Historical Data Access – opisuje funkcje dostępu do danych archiwalnych.

Każdy interfejs OPC oferuje konkretny sposób nawigacji po przestrzeni adresowej urządzeń, dzięki czemu otrzymuje się zarówno informacje o dostępnych danych, jak i same dane. OPC wykorzystuje podejście klient – serwer bazujące



na technologii COM/DCOM służącej do wymiany danych, polegającej na kopertowaniu informacji o procesie przez serwer i udostępnianiu jej klientowi poprzez swój interfejs. Dzięki zastosowaniu przedstawionego podejścia każdy klient i serwer otrzymuje zarówno możliwość konsumpcji danych, jak i możliwość dostarczania danych dla dalszej propagacji w systemie. Powyższe rozwiązanie zostało znacząco rozszerzone w OPC Unified Architecture (UA), dzięki czemu każdy klient może być serwerem dla innych klientów w systemie. Pozwala to na skalowanie danych i prezentację ich dla danej gałęzi klientów w systemie (np. prezentacja danych z czujników). Twórcy architektury OPC UA celowo zbliżyli jej konstrukcję do architektury SOA [2].

Sterowanie nadrzędne w systemie automatyki budynkowej zostało zrealizowane przez zastosowanie trzech głównych elementów: OPC Serwera, aplikacji serwerowej (OPC Klient i Serwer WCF) oraz aplikacji klienckiej (klient mobilny WCF). Zadaniem OPC Serwera, znajdującego się na sterowniku PLC, jest przedstawianie danych procesowych klientowi OPC oraz udostępnianie możliwości ich nadpisu. Aplikacja serwerowa, będąca zarazem klientem OPC, pełni rolę jednostki akwizycji danych, waliduje tożsamość klienta, przedstawia dane klientowi oraz umożliwia ingerencję w nadzorowany proces. Klient mobilny oferuje możliwość pełnej kontroli nad procesem, realizuje wizualizację stanu instalacji i urządzeń automatyki oraz sygnalizuje alarmy. Na rys. 1 przedstawiona została struktura zaprojektowanego systemu.

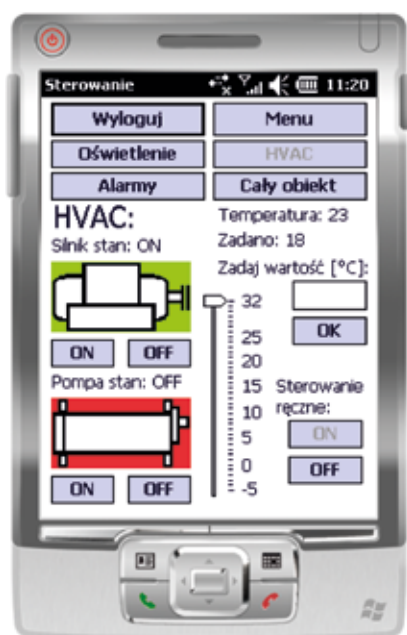
Szczególne miejsce w systemie zajmuje klient mobilny, prezentujący dane

systemowe propagowane przez aplikację serwerową. Na kliencie mobilnym udostępniana jest możliwość sterowania i wizualizacji pracy urządzeń składających się na poszczególne instalacje budynkowe. Komunikacja oparta jest na wiązaniu komunikacyjnym BasicHttpBinding, które jest jedynym wiązaniem dostępnym na platformie programistycznej .NET CF. Wiązanie to pozwala zdefiniować taką konfigurację, która będzie wynikała z wymogów bezpieczeństwa (komunikacja) oraz żądanego czasu reakcji na zmiany zachodzące w systemie (przepływ danych procesowych). W celu podwyższenia zabezpieczeń możliwe jest zastosowanie sieci VPN pomiędzy klientem mobilnym a serwerem. Aplikacja udostępnia użytkownikowi możliwość decydowania o czasie odświeżania danych, co jest istotne w sytuacji konieczności minimalizacji kosztów związanych ze zdalnym dostępem. Lokalizacja użytkownika może wpływać na sposób połączenia źródła z serwerem poprzez lokalną sieć Wi-Fi lub połączenie do mobilnej sieci Internet [7]. Na rys. 2 przedstawiono wygląd aplikacji mobilnej zainstalowanej na urządzeniu Toshiba G900 typu Pocket PC. Urządzenie pracuje pod nadzorem systemu operacyjnego Microsoft Windows Mobile 6 Professional, procesor CPU – Marvell PXA270 520 MHz, procesor karty graficznej GPU – Nvidia GeForce 5500 Mobile, rozmiar pamięci RAM – 128 MB, wewnętrzna pamięć magazynująca – 40 MB, ekran – TFT, dotykowy, rezystancyjny, 65K kolorów, rozdzielczość 800 × 480 pikseli, 3.0 cala, WLAN Wi-Fi 802.11b/g.

Stworzony system nadzoru instalacji budynkowych wraz z węzłem mobil-

nym pozwalają uzyskać żądane parametry komfortu mikroklimatycznego z jednoczesnym gwarantowaniem minimalizacji zużycia energii przez instalacje budynkowe. Bardzo istotną cechą prezentowanego rozwiązania jest zdolność reagowania na lokalne zmiany pogody. Informacje o temperaturze zewnętrznej są pobierane z czujników oraz dodatkowo z internetowego serwisu pogodowego, co pozwala na szybką reakcję i planowanie odpowiedniego wysterowania urządzeń HVAC. Dostosowywanie poziomu oświetlenia pomieszczeń bazuje na preferencjach mieszkańców. Realizowane jest również oszczędzanie energii przez automatyczne wygaszanie oświetlenia po zadanych interwałach w pomieszczeniu, w którym nie wykrywa się obecności osób. Konieczność zapewnienia bezpieczeństwa użytkownikom budynku jest nadrzędnym modułem systemu, który alarmuje użytkowników o odpowiednich zdarzeniach i podejmuje optymalne reakcje wraz z analizą konsekwencji działania. Jako przykład można przedstawić sytuację wystąpienia pożaru w obiekcie, w trakcie którego będą realizowane następujące akcje systemu zarządzania:

- uruchomienie sygnałów alarmujących;
- określenie liczby miejsc zapalnych wraz z odcięciem ich od otoczenia;
- uruchomienie tryskaczy;
- wybranie numeru alarmowego wraz z informowaniem klienta mobilnego;
- lokalizacja mieszkańców;



Rys. 2. Aplikacja mobilna – przykład sterowania instalacjami budynkowymi

- informowanie o najbliższych wyjściach ewakuacyjnych;
- otwarcie okien i drzwi w pomieszczeniach nieobjętych zagrożeniem;
- odcięcie odpowiednich mediów.

3. Bezpieczeństwo zaproponowanego rozwiązania

Od systemów sterowania, monitorowania i wizualizacji stanu inteligentnych instalacji budynkowych wymaga się pełnego bezpieczeństwa. Rozwiązania dedykowane dla inteligentnego budownictwa są systemami bezpiecznymi. Projektując system wykorzystujący rozwiązania uniwersalne, należy ze szczególną uwagą przeanalizować bezpieczeństwo poszczególnych elementów składowych systemu. Na poziomie serwera OPC za bezpieczeństwo odpowiada specyfikacja OPC Security. OPC Security służy zapewnieniu bezpieczeństwa dostępu do danych oferowanych przez serwery OPC. Umożliwia poprawną weryfikację klienta, który chce uzyskać dostęp, oraz weryfikację poprawności transmisji [8].

Przy wymianie informacji SOAP między klientem mobilnym a serwerem istotne jest wiązanie BasicHttpBinding, które może występować w jednej z pięciu wersji – jednej niezabezpieczonej oraz czterech zabezpieczających: komunikaty, komunikację, poświadczenie tożsamości i poświadczenie wiadomości.

4. Podsumowanie

Zrealizowany system sterowania, monitorowania i wizualizacji instalacjami inteligentnego budynku charakteryzuje się wysoką elastycznością dzięki zastosowaniu standardu OPC oraz Windows Communication Foundation. Usunięto ograniczenia związane z charakterem komunikacji opartej na COM/DCOM, przenosząc ją na serwer oparty o architekturę SOA. Zastosowane rozwiązania przyczyniły się do stworzenia systemu, który pozwala na komunikację z urządzeniem mobilnym obsługującym platformę Windows Mobile bez ograniczania go wyłącznie do tej jednej platformy. System pozwala na tworzenie i dołączanie klientów działających na różnych platformach systemowych i sieciowych, takich jak: iOS, Android, Windows Phone 7 lub dowolna aplikacja webowa. Zastosowane zabezpieczenia z możliwością dodania VPN (ang. *Virtual Private Network*) zapewniają bezpieczeństwo komunikacji

między urządzeniami a serwerem. Zastosowanie WCF pozwoliło na zmniejszenie kosztów oraz ograniczeń platformowych związanych z tworzeniem klienta mobilnego z komercyjnych komponentów OPC (OPC MOBILE.NET), dostępnych wyłącznie na platformę Windows Mobile. System sterowania, monitorowania i wizualizacji instalacji w inteligentnym budynku jest otwarty na przyszłe rozszerzenia i modyfikacje.

Literatura

- [1] LOE E.C.: *Cost of Intelligent Buildings*. Intelligent Buildings Conference, Watford, U. K., 1994.
- [2] MAHNKE W., LEITNER S.H., DAMM M.: *OPC Unified Architecture*. Springer – Berlin – Heidelberg 2009.
- [3] MEIER J.D., FARRE C., TAYLOR J., BANSODE P., GREGERSEN S., SUNDARARAJAN M., BOUCHER R.: *Improving Web Services Security*. Microsoft, 2008.
- [4] NOWAK M.: *Optymalizacja kosztów pracy systemów klimatyzacyjnych w budynkach z wykorzystaniem inteligentnych algorytmów*. „Rynek Energii”, nr 3(76) czerwiec 2008, Wyd. KAPRINT, Lublin 2008, s. 48–53.
- [5] NOWAK M.: *Zintegrowane systemy automatyki w inteligentnych budynkach*. XI Sympozjum pt. „Integracja instalacji technicznych w budynkach”, E. Sroczan (red.), Wyd. Oddziału Poznańskiego Stowarzyszenia Elektryków Polskich, Poznań 2008, s. 18–21.
- [6] NOWAK M., URBANIAK A.: *Utilization of intelligent HMI/SCADA system in environmental engineering*. Proceedings of 11th International Carpathian Control Conference ICCO'2010, Pub. Department of Automation University of Miskolc, Eger, Hungary, 2010, s. 83–86.
- [7] SZYMCZAK A.: *Systemy SCADA na urządzenia mobilne*. Praca magisterska, Wydział Informatyki Politechniki Poznańskiej, Poznań 2011.
- [8] <http://www.opcfoundation.org>

dr inż. Mariusz Nowak – adiunkt
w Instytucie Informatyki Politechniki
Poznańskiej,
e-mail: Mariusz.Nowak@put.poznan.pl;
mgr inż. Adam Szymczak – absolwent
Politechniki Poznańskiej na kierunku
Informatyka, specjalność: Systemy
wbudowane i mobilne, e-mail:
Adam.a.Szymczak@gmail.com

artykuł recenzowany