

Internet Rzeczy w systemach automatyki budynkowej

Andrzej Ożadowicz

Wstęp

Internet Rzeczy (ang. *Internet of Things* – IoT) to najnowsza koncepcja rozwoju sieci komputerowych i teleinformatycznych, ukierunkowana na rozproszenie modułów sieciowych oraz włączenie w struktury sieci Internet aktywnych modułów sieciowych, obsługiwanych dotąd np. przez sieci obiektowe. W sieciach IoT każdy obiekt, urządzenie, moduł dostępowy może automatycznie łączyć się z siecią Internet, stanowiąc jej pełnoprawny węzeł, i komunikować się z dowolnym innym węzłem/modułem do niej podłączonym. Koncepcja rozwojowa IoT obejmuje obecnie szereg technologii i obszarów implementacyjnych, które mają na celu wykorzystanie i rozszerzenie funkcjonalności istniejącej dotąd sieci Internet, jako platformy komunikacyjnej dla różnego typu obiektów, urządzeń i modułów występujących w otoczeniu człowieka [1, 2]. Implementacja tej koncepcji wymaga wprowadzenia istotnych zmian w tradycyjnej strukturze i zasadach funkcjonowania sieci Internet, rozumianej jako połączenie większych lub mniejszych serwerów danych z terminalami klientów-użytkowników końcowych, w kierunku połączonych w sieci „inteligentnych” obiektów (*Smart Object*), wymieniających dane między sobą i w razie potrzeby lub na żądanie prowadzących interakcję z użytkownikami. Szczególnie istotny jest pierwszy ze wspomnianych elementów, który wprowadza nową jakość i innowacyjność w struktury komunikacji w sieci Internet. Bazuje on na założeniu znaczącej autonomiczności funkcjonowania węzłów sieciowych, wymieniających między sobą informacje. Węzły z własnymi adresami IP, również na poziomie obiektowym sieci, korzystając z podanych im algorytmów sterowania, mogą realizować działania oddziałujące na otoczenie, niejednokrot-

nie bez wiedzy i udziału użytkowników końcowych. To idea znana z branży automatyki przemysłowej i budynkowej pod hasłem *Machine-to-Machine* (M2M) i od wielu już lat realizowana w sieciach poziomu obiektowego, obsługujących czujniki i elementy wykonawcze w aplikacjach przemysłowych i w budynkach. W ramach koncepcji IoT rozwiązania te stają się integralnym elementem wysoce rozproszonej struktury sieci protokołu IP, gdzie zanika rozróżnienie między poziomami obiektowym i nadrzędnym, a struktura sieci ulega ujednoczeniu. Dlatego też koncepcja funkcjonowania węzłów/obiektów sieciowych w ramach IoT opiera się na trzech podstawowych założeniach [2, 3]:

- zdolności wzajemnej identyfikacji (każdy obiekt odnajduje i identyfikuje inne obiekty w sieci);
- komunikacji każdy z każdym P2P (permanentna wymiana danych);
- interakcji i interoperacyjności (wszystkie obiekty mogą ze sobą współpracować).

„Inteligentne” obiekty w sieciach IoT

Struktura połączeń sieciowych i organizacja sieci IoT na różnych poziomach jest wysoce rozproszona i dynamiczna. Tworzą ją „inteligentne” węzły/moduły sieci, tzw. Smart Obiekty, generujące dane do sieci, a zarazem odbierające i przetwarzające informacje. Powinny się one cechować następującymi własnościami [1, 2, 3]:

- posiadać unikalny identyfikator/adres sieciowy;
- posiadać, zależnie od potrzeb, prosty lub rozbudowany interfejs komunikacji z użytkownikiem;
- posiadać interfejs sieciowy i minimalny zestaw funkcji obsługujących komunikację – odbiór i wysyłanie ko-

Streszczenie: W artykule przedstawiono koncepcje implementacji technologii Internetu Rzeczy w systemach automatyki budynkowej. Omówiono różne obszary aplikacyjne, związane zarówno z obsługą urządzeń i modułów sieci na poziomie obiektowym, zdalnym dostępem do nich z poziomu aplikacji nadrzędnych i terminali dostępowych, jak i z organizacją zintegrowanych platform wymiany informacji dla dużych budynków i kompleksów budynkowych. Artykuł wskazuje na najnowsze trendy rozwoju zintegrowanych, otwartych i elastycznych systemów automatyki budynkowej, ze wsparciem obsługi i komunikacji danych przez sieci protokołu IP.

THE INTERNET OF THINGS IN THE BUILDING AUTOMATION SYSTEMS

Abstract: A concept of the Internet of Things technology implementation in building automation systems is presented in this paper. Various fields of possible applications are described: field-level devices operation, remote access to them from the management level and dedicated access terminals, as well as organisation of integrated data communication platforms for big buildings and building complexes. Modern trends in development of the integrated, open and flexible building automation systems with IP protocol networks support are presented as well.

- posiadać, zależnie od potrzeb, prosty lub rozbudowany interfejs komunikacji z użytkownikiem;
- umożliwiać komunikację z innymi węzłami sieci – Smart Obiektami;

- umożliwiać pozyskiwanie danych z otoczenia (czujniki), ich akwizycji i przetwarzania oraz wywoływania akcji oddziałujących na otoczenie (elementy wykonawcze);
- posiadać podstawowe funkcjonalności w zakresie przetwarzania danych cyfrowych;
- posiadać zdolność decydowania o własnym działaniu i współpracy z innymi węzłami sieci.

Interakcja sieci IoT ze światem zewnętrznym osiągnięta jest poprzez implementację w strukturze sprzętowej Smart Obiektów odpowiednich czujników i elementów wykonawczych, podobnie jak w sieciach obiektowych systemów automatyki przemysłowej czy budynkowej. Wyzwaniem jest jednak sprawna i optymalna organizacja usług realizowanych w oparciu o dane przesyłane między obiektami w sieci. Najważniejsze jej elementy to integracja, spójność danych oraz standaryzacja funkcjonalności. Ponieważ Smart Obiekty wykorzystywane są w różnych aplikacjach, w pierwszym rzędzie należy je wstępnie usystematyzować. Na podstawie doświadczeń i badań, przeprowadzonych głównie na aplikacjach przemysłowych i budynkowych, jako istotne czynniki takiej kategoryzacji podano [4]:

- „świadomość” – zdolność do postrzegania i interpretacji zdarzeń oraz aktywności osób w najbliższym otoczeniu zewnętrznym Smart Obiektu;
- „reprezentacja” – aplikacja i jej model oraz środowisko i metody programowania Smart Obiektu;
- „interakcja” – wymiana danych i informacji między Smart Obiektem a innymi węzłami w sieci lub z użytkownikiem, operatorem za pośrednictwem układów wejść/wyjść i sprzężeń zwrotnych.

Uwzględniając te czynniki, zaproponowano trzy kategorie aplikacji Smart Obiektów, w różnym stopniu wykorzystujące związane z nimi funkcjonalności [4]:

- **Smart Obiekty aktywne**, z funkcjami szybkiego wykrycia zdarzeń w ich otoczeniu, analizą i podjęciem autonomicznych działań: rejestracja danych,

wykonanie akcji przez skojarzone z nimi elementy wykonawcze. Aplikacje dla tego typu węzłów sieci IoT mają funkcjonalności niezbędne do szybkiego gromadzenia dużych ilości danych i ich analizy oraz generacji rozkazów dla elementów wykonawczych. Smart Obiekty tej kategorii nie mają dedykowanych funkcjonalności do obsługi interakcji z użytkownikiem.

- **Smart Obiekty porównawcze**. Ich struktura funkcjonalna bazuje na poprzedniej kategorii, uzupełniona jest jednak o możliwość interpretacji rejestrowanych sygnałów i danych z otoczenia oraz ich porównania z parametrami, wartościami predefiniowanymi w algorytmie węzła sieci. W aplikacjach implementuje się ustawienia, które w algorytmie działania służą do porównania danych gromadzonych przez węzeł sieciowy. W zakresie interakcji z użytkownikiem dla tej kategorii węzłów sieciowych przewiduje się możliwość przekazywania informacji o zdarzeniach, w których przekroczone zostały ustalone parametry, oraz w celu monitoringu określonych parametrów.
- **Smart Obiekty zorientowane procesowo**. W ich algorytmach i aplikacjach uwzględnione są elementy dotyczące realizacji różnych zadań w obsługiwanym procesie, sterowania wybranym urządzeniem lub podsystemem infrastruktury budynku, sterowania obiektami w otoczeniu węzła sieciowego lub użytkownika. Algorytmy sterowania mają charakter kontekstowy, uwzględniają harmonogramy czasowe, sygnały przerwań od różnych czujników, paneli sterowniczych itp. W tej kategorii Smart Obiektów realizowana jest pełna interakcja z użytkownikiem, zarówno w obszarze informowania go o zdarzeniach, zmianach parametrów procesowych, jak i reakcji na sygnały zadawane przez niego np. z mobilnych paneli sterujących.

Zaproponowane trzy kategorie aplikacyjne Smart Obiektów stanowią propozycję dotyczącą organizacji projektowania algorytmów i funkcjonalności węzłów sieci IoT. Trzeba podkreślić, że wpisuje się ona bardzo dobrze w obszary funkcjo-

nalne stosowane w systemach automatyki przemysłowej i budynkowej, z komunikacją bazującą dotąd na standardach rozproszonych sieci obiektowych.

Nowe rozwiązania sieciowe dla budynków

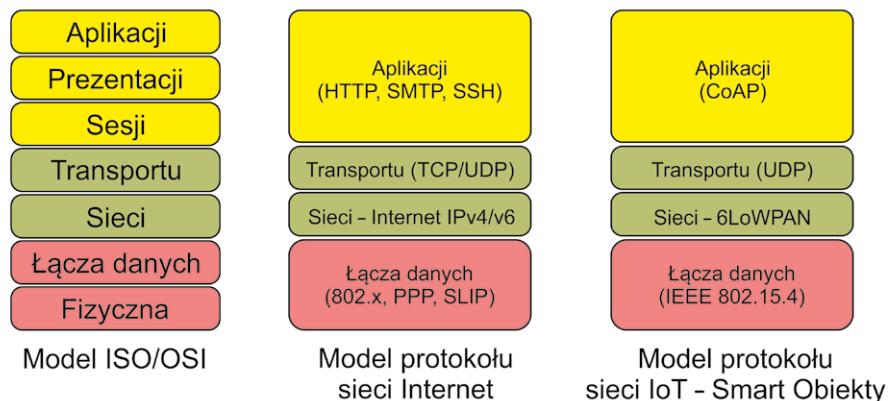
Praktyczna realizacja sieci IoT o rozproszonej, a zarazem w pełni zintegrowanej strukturze węzłów sieciowych i łączy danych opartych o protokół IP, wymaga zmian również w samym protokole. Rozwój i nieustanne powiększanie się zasobów globalnej sieci Internet doprowadzają bowiem do realnego już stanu wyczerpania puli dostępnych adresów sieciowych urządzeń serwerowych i klientów końcowych (protokół TCP/IP, wersja IPv4). Bazują one na słowach 32-bitowych. Wprowadzana obecnie nowa wersja protokołu IPv6, z adresami węzłów sieciowych opartych na słowach 128-bitowych, otwiera nowe możliwości implementacji wysoce rozproszonej komunikacji z protokołem IP [5]. Dzięki niej możliwe jest przypisanie konkretnego adresu IP do urządzeń obiektowych: czujników, liczników, sterowników, modułów wykonawczych itp., które w ten sposób stają się aktywnymi i równoprawnymi uczestnikami sieci. Pozwala to na organizację ujednoczonego systemu wymiany danych bezpośrednio pomiędzy węzłami sieci (tzw. *Machine-to-Machine* – M2M), bez udziału stacji nadrzędnych (np. serwery, stacje operatorskie) oraz w razie takiej konieczności lub żądania – przekazanie informacji operatorowi, systemom zarządzania itp. Ponadto obsługa węzłów sieci IoT na poziomie obiektowym wspierana jest przez szereg innych technologii komunikacji, zapewniających przede wszystkim elastyczność i mobilność modułów sieciowych, integrowanych w sieci [1, 2, 3]:

- WiFi – sieć bezprzewodowa małego zasięgu. Komunikacja z modułami mobilnej obsługi i sterowania (np. smartfony, tablety, laptopy). Swobodny dostęp do sieci Internet;
- sieci komórkowe 2G, 3G i 4G – komunikacja z modułami GSM, UMTS, HSDPA, LTE i przyłączonymi do nich czujnikami lub urządzeniami wykonawczymi. Węzły muszą posiadać karty SIM;

- ZigBee – protokół komunikacji bezprzewodowej dla sieci typu *mesh*, w aplikacjach o niskiej przepustowości łącza. Energooszczędność urządzeń z zasilaniem bateryjnym; do sieci z okresową wymianą danych;
- 6LoWPAN (ang. *IPv6 over Low Power Wireless Personal Area Networks*) – odmiana protokołu IPv6 dedykowana do implementacji w komunikacji bardzo małych urządzeń i czujników. Ułatwia ich włączenie w strukturę Internetu Rzeczy – IoT;
- Bluetooth – protokół komunikacji bezprzewodowej dedykowany do łączenia modułów znajdujących się w niewielkich odległościach od siebie; duża szybkość transmisji niewielkich pakietów danych;
- RFID – technologia wykorzystująca fale radiowe do transmisji niewielkich pakietów danych (zwykle identyfikator przedmiotu) wraz z zasilaniem samej etykiety RFID zlokalizowanej na danym obiekcie. Możliwa jest identyfikacja wielu etykiet znajdujących się jednocześnie w polu odczytu.

Wszystkie te technologie i nowe protokoły sieciowe oferują kompleksowe wsparcie komunikacji węzłów sieciowych w ramach platformy IoT, jako sieci elastycznej, o dynamicznej i zmiennej strukturze, zwłaszcza na poziomie obiektowym. Czynnikiem ten jest kolejnym elementem sprzyjającym jej wykorzystaniu w rozproszonych systemach sterowania, również automatyki budynkowej.

Budynki użyteczności publicznej, komercyjne, przemysłowe, biurowe i domy mieszkalne, wraz z infrastrukturą (systemy klimatyzacji, zasilania, urządzenia AGD, RTV itp.), są jednym z najważniejszych elementów otoczenia i środowiska życia współczesnego człowieka. Trzeba jednak spoglądać na nie kompleksowo, również w perspektywie ich bezpośredniego otoczenia (parkingi, place) oraz rodzących się koncepcji rozwojowych i technologicznych tzw. inteligentnych miast (*Smart Cities*) [6]. Dlatego też ogromnego znaczenia nabiera podnoszona przez branżystów kwestia integracji urządzeń i podsystemów infrastruktury budynkowej w ramach jednolitych systemów sterowania i monitoringu,



Rys. 1. Protokoły sieci Internet i platformy IoT w odniesieniu do modelu ISO/OSI

wraz z możliwością zdalnego dostępu do nich. Integracja taka musi uwzględniać dwa aspekty:

- obsługę i włączenie do jednej platformy systemowej całych sieci magistralnych poziomu obiektowego różnych standardów (dedykowane magistrale, różne media komunikacji);
- obsługę nowych urządzeń (czujniki, elementy wykonawcze, sterowniki itp.), działających jako indywidualne węzły sieciowe, z interfejsem IP, realizujących wspólne funkcje i zadania w systemie.

We współczesnych budynkach coraz częściej spotykane są systemy automatyki budynkowej (ang. *Building Automation Systems* – BAS), realizowane przy zastosowaniu różnych standardów komunikacji dla sieciowych systemów rozproszonych: BACnet, LonWorks, KNX, ZigBee, M-Bus i inne. Standardy te, choć z reguły otwarte, nie zapewniają jednak interakcji między sobą, a więc bezpośredniego łączenia np. dwóch sieci wykonanych w różnych standardach. Wykorzystanie protokołu sieci Internet (IP) jako platformy integracyjnej systemów BAS w budynkach wymaga wprowadzenia pewnych modyfikacji w tym protokole, z priorytetem redukcji długości słów danych do obsługi węzłów sieci BAS, a przy zachowaniu kompatybilności z ogólnym standardem IP. Ponieważ wszystkie otwarte standardy sieci BAS wykorzystują protokoły komunikacji oparte na modelu ISO/OSI, w wielu opracowaniach branżowych i technicznych odnosi się strukturę

proponowanych zmian protokołu IP dla platformy IoT właśnie do struktury i kolejnych warstw tego modelu – rys. 1 [7].

Wprowadzenie protokołu IP i rozwiązań sieci IoT w budynkach może być realizowane według różnych scenariuszy, zależnie od poziomu topologii sieci, w którym integracja nastąpi. Zasadniczo można wyróżnić dwie ścieżki koncepcyjne [8]:

- zcentralizowany – z dedykowanym serwerem usług Web, obsługującym komunikację danych i funkcjonalności dla grupy urządzeń systemów BAS, powiązanych funkcjonalnie z serwerem przez moduły bramki-gateway. Takie podejście jest prostsze w realizacji, nie wymaga angażowania dużych środków technicznych w istniejącej już strukturze sieci BAS oraz nadrzędnej sieci IP. Ma jednak ograniczone możliwości funkcjonalne i ogranicza niezależność węzłów sieci przyłączonych do magistral poziomu obiektowego;
- zdecentralizowany – z implementacją usług i protokołu sieci IP bezpośrednio w węzłach sieciowych (czujniki, elementy wykonawcze, sterowniki itp.). Cechuje się wysokim poziomem autonomii węzłów sieci, jednak wymaga modernizacji lub wymiany modułów zainstalowanych wcześniej w ramach podsieci obiektowych.

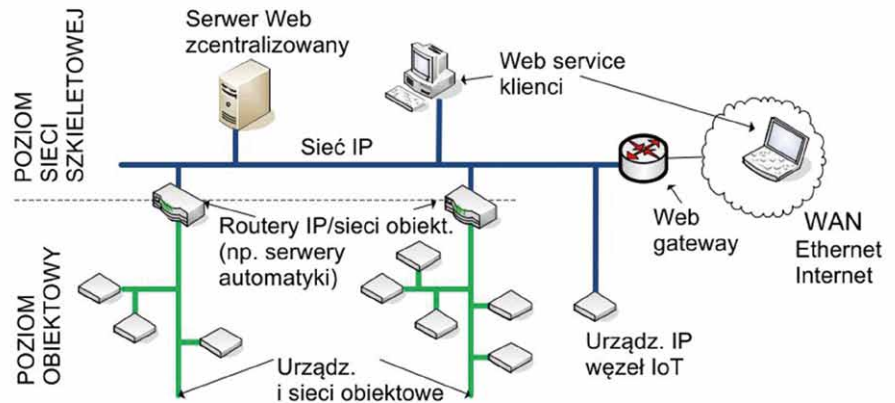
Biorąc pod uwagę aktualny poziom aplikacji systemów BAS w budynkach, najbliższa przyszłość implementacji protokołu IP i platformy IoT w systemach BAS będzie hybrydą wymienionych

dwóch wariantów, z tendencją do odejścia od protokołów sieci obiektowych na korzyść rozwiązań bazujących na uniwersalnej sieci Internet. Dotyczy to w szczególności nowych obiektów i instalowanych w nich sieci oraz modernizacji i rozbudowy już istniejących. Platformy takie, implementujące rozwiązania Internetu Rzeczy w budynkach, zyskały w branży nazwę *Building Internet of Things* – BIoT [8, 9]. Uproszczony schemat struktury i możliwej topologii sieci IoT dedykowanej do zastosowań w budynkach (BIoT), z elementami koncepcji zcentralizowanej i zdecentralizowanej – rys. 2.

We współczesnych aplikacjach systemowych BAS wiele elementów infrastruktury widocznych na rys. 2 już jest wykorzystywane. Sieci IP zapewniają m.in. zdalny dostęp do wybranych segmentów sieci, a za pośrednictwem tzw. serwerów automatyki obsługę zmiennych sieciowych urządzeń obiektowych. Dzięki procedurom tzw. tunelowania komunikatów standardów sieci obiektowych kanały IP poziomu nadrzędnego wykorzystuje się też do łączenia określonych linii sieci obiektowych lub większych podsieci, tworząc tzw. sieć szkieletową. Nowością platformy IoT i BIoT jest możliwość bezpośredniej wymiany danych między wszystkimi węzłami sieci powiązanych funkcjonalnie, niezależnie od tego, czy będą one fizycznie przyłączone do magistrali sieci obiektowej czy do kanału IP. Docelowo wszystkie urządzenia sieciowe będą miały zaimplementowaną obsługę protokołu IP i działać będą jako niezależne węzły sieciowe, współpracując w razie potrzeby z serwerami, routerami czy bazami danych platformy IoT.

Automatyka budynkowa z elementami Internetu Rzeczy

Różne standardy sieciowe wraz z technologią sieci Internet IoT w zintegrowanych systemach BAS tworzą środowisko do budowy tzw. *Smart Homes* – inteligentnych domów i budynków. W najnowszych koncepcjach rozwojowych tego typu systemów czujniki i elementy wykonawcze oraz moduły interfejsu do komunikacji z użytkownikami (komputery, panele dotykowe, smartfony itp.)



Rys. 2. Struktura sieci IoT z elementami integracji zcentralizowanej i zdecentralizowanej

włączane do sieci powinny same się konfigurować, nawiązać połączenia z siecią oraz innymi jej węzłami. Wszystko to w celu zapewnienia zdalnego dostępu, monitorowania i sterowania, w tym między innymi [3, 10]:

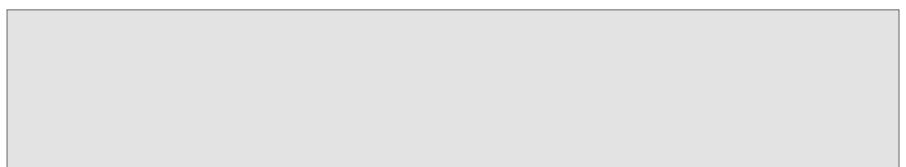
- wykrywania zmian różnych parametrów fizycznych w domu, budynku;
- szybkiego reagowania na zmiany, sygnały alarmowe;
- rejestracji zachowań i przyzwyczajzeń użytkowników oraz predykcji ich zachowań w przyszłości;
- interakcji z mobilnymi urządzeniami sterującymi i monitorującymi.

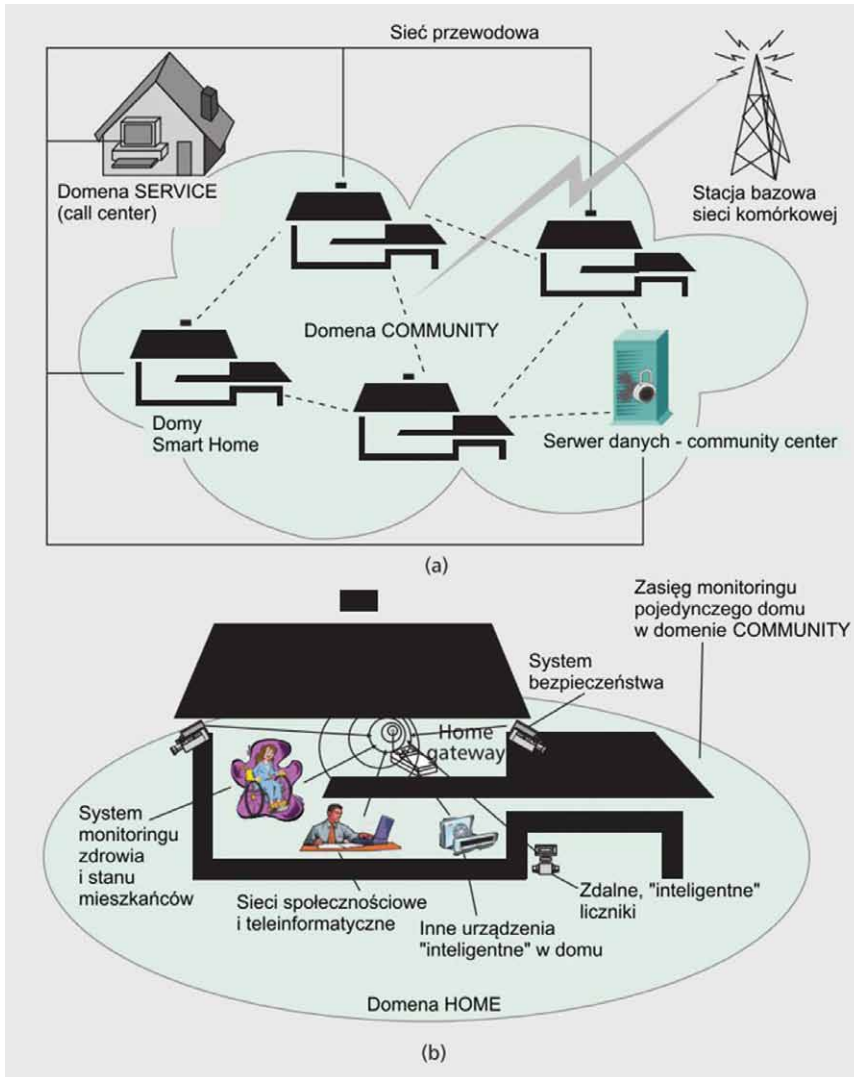
Smart Społeczności. Przy zastosowaniu rozwiązań *Smart Home* dla pojedynczych budynków, domów, możliwe jest tworzenie systemów sieciowych łączących kilka budynków, np. kompleksy biurowe, małe osiedla domków itp. Obiekty takie stają się uczestnikami tzw. Smart Społeczności (ang. *Smart Community* – SC), czyli sieci lokalnej, w ramach której wymieniane są informacje pomiędzy węzłami z czujnikami i elementami wykonawczymi, monitorującymi parametry działania budynków, zachowania urządzeń i osób [10]. W rozwiązaniach takich proponowana jest struktura bazu-

jąca na trzech wymienionych niżej elementach – domenach (rys 3):

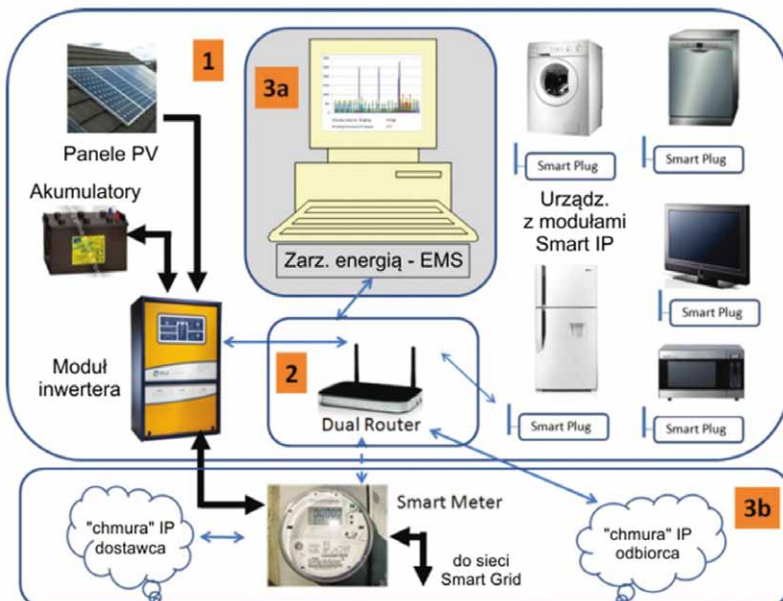
- **Domena HOME** – sieć BAS w pojedynczym budynku lub w wybranej strefie (np. piętro). Zapewnia monitoring parametrów urządzeń, środowiska w obiekcie, kontrolę obecności, zachowań osób itp. Komunikacja węzłów realizowana przez sieci z medium PowerLine, radiowym lub standardu IP. Dane przekazywane do modułu *home gateway*, z interfejsem sieciowym i konfiguracją połączeń z innymi węzłami systemu SC.
- **Domena COMMUNITY** (Społeczność) – kluczowy element systemu SC. Łączy w sieci wymiany danych wszystkie moduły *home gateway* obiektów w ramach Smart Społeczności. W przypadku awarii połączenia sieciowego możliwe jest okresowe wsparcie komunikacji przez sieć telefonii komórkowej 3G. W domenie zlokalizowany jest też indywidualny serwer danych (*community center*), gromadzący dane z poszczególnych modułów *home gateway* z odpowiednimi zabezpieczeniami, autoryzacją dostępu itp.
- **Domena SERVICE** – centrum usług i obsługi uczestników domeny

reklama





Rys. 3. Architektura systemu Smart Community: a) Domeny Community i Service; b) Domena Home



Rys. 4. Architektura systemu prosumenta: 1 - urządzenia i czujniki; 2 - moduł Gateway IP; 3 - aplikacje obsługi odbiorcy - prosumenta

Społeczność. Zapewnia łączność np. z jednostką straży miejskiej czy policji, która odbiera sygnały od mieszkańców (lub z automatycznego systemu monitoringu) i działa na ich podstawie. Centrum może również, przy odpowiedniej organizacji i zezwoleniu ze strony mieszkańców, uczestniczyć w procesach rozliczeń, np. dostaw energii i mediów itp.

Platforma IoT to idealne rozwiązanie technologiczne do obsługi transmisji danych pomiędzy wszystkimi elementami systemów Smart Społeczności, przy komunikacji zarówno między węzłami domen, jak i urządzeń wykonawczych i czujników, będących elementami ich infrastruktury, zainstalowanymi na poszczególnych budynkach.

Smart Grid i Smart Metering. Kolejny obszar zastosowań rozwiązań technicznych sieci IoT to wsparcie użytkowników budynków jako odbiorców energii elektrycznej, w perspektywie inteligentnych sieci elektroenergetycznych Smart Grid. Termin ten kojarzony jest najczęściej z kwestią instalacji tzw. inteligentnych liczników energii (zdalnego odczytu). Systemy te jednak mogą również umożliwić zdalne zarządzanie popytem na energię w budynkach i docelowo całej sieci dystrybucyjnej, wraz z obsługą rozproszonych źródeł i zasobników energii (tzw. prosumenci) [11, 12]. Ma to szczególne znaczenie w perspektywie wzrostu ich popularności, a co za tym idzie, konieczności nowego podejścia do organizacji systemu elektroenergetycznego na poziomie lokalnym. Stąd koncepcja organizacji tzw. mikroinstalacji, obejmujących zwykle zespoły budynków, wraz z przyłączonymi odnawialnymi źródłami energii. Prowadzi ona do konieczności implementacji rozproszonych modułów monitorujących i sterujących, z interfejsami komunikacji sieciowej. To obszar idealny do wdrożenia rozwiązań sieciowych IoT. Co więcej, w budynkach i obiektach użyteczności publicznej lub zakładach przemysłowych coraz więcej urządzeń powszechnego użytku, przyłączanych do sieci zasilania, jest jednocześnie wyposażonych w moduł komunikacji internetowej – rys. 4 [11, 13, 14].

Po implementacji odpowiednich algorytmów moduły takie mogą komunikować się między sobą oraz reagować na dane i sygnały przesyłane przez dystrybutorów energii, z informacją o zmianie taryfy rozliczeniowej, zależnie od aktualnego poziomu obciążenia linii zasilającej w systemie elektroenergetycznym lub informacji z systemu sterowania i zarządzania budynkiem BMS, np. o nieobecności użytkowników [3, 13]. Powiązanie z kanałami protokołu IP i implementacja adresów IP w jak największej liczbie urządzeń zapewnia w takich aplikacjach zdalny dostęp, z uwzględnieniem priorytetów i weryfikacji uprawnień klienta, oraz możliwość realizacji idei IoT na najniższym poziomie aplikacji automatyki budynkowej.

Ważnym elementem systemów rozproszonych są i będą liczniki zdalnego odczytu (idea inteligentnego opomiarowania – *Smart Metering*). Liczniki, przekazujące dane dotyczące zużycia energii i mediów nie tylko do nadrzędnych modułów sterujących, akwizycji danych czy rozliczeń, ale również bezpośrednio do innych urządzeń przyłączonych w sieci domowej czy domeny Społeczność, dzięki integracji w sieci IoT pozwolą na organizację bardziej efektywnych systemów zarządzania energią – EMS. Istotne jest, by liczniki takie były wyposażone w interfejsy sieci magistralowych BAS lub łącze Ethernet, a w przypadku prostego pomiaru zużycia energii lub mediów (gaz, woda) przynajmniej w wyjście impulsowe. Wyjście takie przetwarza informacje o zużyciu na postać cyfrową, która może być odczytana przez tzw. koncentratory impulsów i przetworzona na komunikaty standardu sieciowego systemu BAS [15]. Koncepcja IoT w tym obszarze zdobywa coraz większą popularność, oferując swobodę organizacji systemów monitoringu i sterowania, wraz ze zdalnym dostępem [3, 16].

Podsumowanie

Sieci komunikacyjne z protokołem IP są obecnie najpopularniejszym i najwygodniejszym medium wymiany danych bardzo zróżnicowanego typu. Opracowywane, badane i sukcesywnie wdrażane nowe rozwiązania w ramach tegoż protokołu pozwalają na jego implementację

w nowych obszarach zastosowań, dotąd zarezerwowanych dla dedykowanych standardów sieci obiektowych. Idea Internetu Rzeczy to nowa perspektywa rozwojowa i aplikacyjna, gdzie wszystkie moduły sieciowe, węzły sieci mogą komunikować się ze sobą, wymieniając niewielkie lub duże pakiety danych. Ich możliwości technologiczne doskonale sprawdzają się w popularnych aplikacjach systemowych automatyki budynkowej BAS i otwierają przed nimi również nowe możliwości funkcjonalne.

Literatura

- [1] SÁNCHEZ LÓPEZ T., RANASINGHE D.C., HARRISON M., MCFARLANE D.: *Adding sense to the Internet of Things*. „Personal and Ubiquitous Computing” vol. 16, no. 3, pp. 291–308, Jun. 2011.
- [2] MIORANDI D., SICARI S., DE PELLEGRINI F., CHLAMTAC I.: *Internet of things: Vision, applications and research challenges*. „Ad Hoc Networks” vol. 10, no. 7, pp. 1497–1516, Sep. 2012.
- [3] VERMESAN O., FRIESS P.: *The Internet of Things. Converging Technologies for Smart Environments and Integrated Ecosystems*. River Publishers, 2013.
- [4] KORTUEM G., KAWSAR F., FITTON D., SUNDRAMOORTHY V.: *Smart objects as building blocks for the Internet of things*. IEEE Internet Comput., vol. 14, no. 1, pp. 44–51, Jan. 2010.
- [5] HUTCHISON D., GALIS A., GAVRAS A.: *The Future Internet – LNCS 7858*. SPRINGER Open, 2013.
- [6] OŻADOWICZ A., GRELA J.: *Street Lighting – nowoczesne oświetlenie przestrzeni publicznych. Automatyka budynkowa w infrastrukturze inteligentnych miast – Smart Cities*. „Napędy i Sterowanie” 6/2014, pp. 104–108.
- [7] CARREZ F., BAUER M., BOUSSARD M., BUI N.: *Internet of Things – Architecture IoT – A Final architectural reference model for the IoT v3. 0*. 2013.
- [8] JUNG M., WEIDINGER J., REINISCH C., KASTNER W., CRETZAZ C., OLIVIERI A., BOCCHI Y.: *A Transparent IPv6 Multi-protocol Gateway to Integrate Building Automation Systems in the Internet of Things*. IEEE International Conference on Green Computing and Communications, 2012, pp. 225–233.
- [9] *Building Automation Prepares for the Building Internet of Things (BIoT)*, <http://www.memoori.com/>
- [10] LI X., LU R., LIANG X., SHEN X.S.: *Smart Community: An Internet of Things Application*. IEEE Commun. Mag., no. November, pp. 68–75, 2011.
- [11] OŻADOWICZ A.: *Zarządzać energią z głową: OpenADR – dwukierunkowa komunikacja dostawcy energii – odbiorcy*. „Energetyka Ciepła i Zawodowa”, pp. 109–112, 2013.
- [12] NOGA M., OŻADOWICZ A., GRELA J., HAYDUK G.: *Active Consumers in Smart Grid Systems-Applications of the Building Automation Technologies*. „Przegląd Elektrotechniczny” 6/2013, pp. 227–233.
- [13] BUI N., CASTELLANI A.P., CASARI P., ZORZI M.: *The Internet of Energy*. IEEE Netw., no. August, pp. 39–45, 2012.
- [14] MONNIER O.: *A smarter grid with the Internet of Things*. Texas Instruments White Paper, 2013.
- [15] OŻADOWICZ A., MIKOŚ Z., GRELA J.: *Zintegrowane zdalne systemy pomiaru zużycia i jakości energii elektrycznej – technologiczne case study platformy Smart Metering*. „Napędy i Sterowanie” 6/2014 pp. 109–114.
- [16] HERSENT O., BOSWARTHICK D., ELLOUMI O.: *The Internet of Things. Applications to the Smart Grid and Building Automation*. A John Wiley & Sons, Ltd., 2012.



dr inż. Andrzej Ożadowicz

AGH Akademia Górniczo-Hutnicza;
Wydział Elektrotechniki, Automatyki,
Informatyki i Inżynierii Biomedycznej;
Katedra Energoelektroniki i Automatyki
Systemów Przetwarzania Energii

artykuł recenzowany