

**Emil MICHTA**

UNIwersytet Zielonogórski, Instytut Metrologii Elektrycznej  
ul. Licealna 9, 65-417 Zielona Góra

## Niezależny operator pomiarowy w systemie inteligentnego opomiarowania czynników energetycznych i mediów

Doc. dr inż. Emil MICHTA

Studia wyższe ukończył na Wydziale Elektrycznym Wyższej Szkoły Inżynierskiej w Zielonej Górze w 1978r. Po ukończeniu studiów rozpoczął pracę w Instytucie Automatyki i Metrologii WSI w Zielonej Górze. Stopień naukowy doktora nauk technicznych otrzymał w Instytucie Metrologii Elektrycznej Politechniki Wrocławskiej w 1989r. Zainteresowania koncentrują się wokół zagadnień inteligentnej aparatury pomiarowo – sterującej, systemów rozproszonych, sieci przemysłowych oraz technologii internetowych.



e-mail: E.Michta@ime.uz.zgora.pl

### Streszczenie

W artykule przedstawiono strukturę systemu inteligentnego opomiarowania czynników energetycznych i mediów. Zaprezentowano nowy podmiot funkcjonalny niezależny operator pomiarowy, który byłby odpowiedzialny za jego wdrożenie i utrzymywanie. Określono podstawowe funkcje oraz korzyści wynikające z jego wdrożenia w strukturze systemu energetycznego i mediów.

**Słowa kluczowe:** rozproszone systemy pomiarowe, inteligentne opomiarowanie.

### Independent Measuring Operator in Smart Energy and Media Metering System

#### Abstract

In the paper, a structure of the smart energy and media metering system is presented. The new functional component Independent Measuring Operator, responsible for smart energy and media system implementation and maintenance is described. Basic functions and implementation advantages of the Independent Measuring Operator in smart energy and media system are outlined. The functional model of the Independent Measuring Operator is presented in figure 1, while the diagram of its implementation for energy smart metering system is shown in figure 2. According to the *European Smart Metering Industry Group* recommendations, the model proposed in this paper ensures two-way communication between the smart metering system and consumers as well as utilities. The logical structure diagram of the Energy Management System and communication relations between the basic system components are shown in the diagram of figure 3. The node logical structure diagram of the smart metering system based on the ZigBee wireless communication integrated with the Home Area Network is depicted in figure 4. The example node logical structure diagram of the smart metering system based on the heterogenic communication (e.g. ZigBee, M-BUS, PLC) and two basic application servers (AMR and AMR) is presented in figure 5.

**Keywords:** distributed measuring systems, smart metering.

## 1. Wprowadzenie

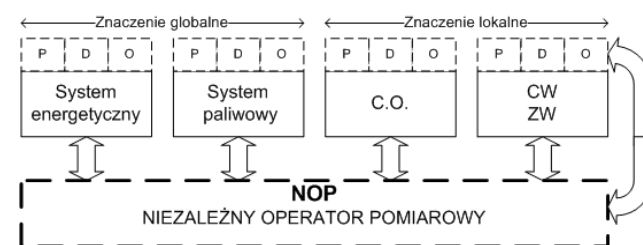
Perspektywa niedoboru pierwotnych zasobów energii i mediów oraz zbyt niska efektywność ich wytwarzania, przesyłu, rozdziału i użytkowania stawia zarówno przed ich wytwórcami jak i użytkownikami nowe wyzwania dotyczące jakościowo nowych rozwiązań adresowanych do systemów elektroenergetycznych i mediów. Sprostać tym wymaganiom powinny opracowywane systemy inteligentnych sieci wytwarzania energii oraz mediów znanych powszechnie jako *smart grids* [2, 5]. Ich wdrożenie wiąże się z modernizacją istniejącej infrastruktury, która powinna umożliwić tworzenie sieci o elastycznej i inteligentnej infrastrukturze.

Innym ważnym czynnikiem mającym wpływ na konieczność budowy inteligentnej infrastruktury jest dynamika wzrostu cen energii i mediów oraz zmieniające się regulacje prawne w obszarze energetyki zmuszają do obniżania kosztów wytwarzania przy

jednoczesnym podniesieniu efektywności wykorzystania energii. Jedną z nowych, obiecujących strategii wspomagających osiągnięcie wymienionych celów są działania związane z wprowadzeniem systemu inteligentnego opomiarowania czynników energetycznych i mediów zarządzanego przez *Niezależnego Operatora Pomiarowego* (NOP) [2, 5]. Obecnie w naszym kraju zadania operatora pomiarów najczęściej realizowane są przez operatorów systemów dystrybucyjnych. W najbliższej przyszłości operator pomiarowy powinien być ciałem niezależnym i powinien on umożliwiać dostęp do informacji wszystkim uczestnikom rynku czynników energetycznych i mediów, ale dostęp ten powinien być uregulowany i równoprawny. Z funkcjonalnego punktu widzenia NOP stanowi dwukierunkowe interfejsy komunikacyjne pomiędzy NOP-em a odbiorcą czynnika energetycznego, NOP-em a dystrybutorem czynnika energetycznego, NOP-em a wytwórcą czynnika energetycznego. Przedstawiona w artykule struktura systemu inteligentnego opomiarowania z heterogenicznym systemem komunikacyjnym będzie umożliwiała przesyłanie informacji pomiarowych i sterujących pochodzących z opomiarowania podstawowych czynników energetycznych lub mediów.

## 2. Niezależny operator pomiarowy

Do najpopularniejszych czynników energetycznych i mediów zaliczamy: energię elektryczną, gaz, C.O. i wodę. Dostępność tych czynników lub mediów związana jest z istnieniem infrastruktury, w ramach której funkcjonują producenci, dystrybutorzy i odbiorcy. Optymalne zarządzanie tą infrastrukturą, prowadzące do minimalizacji kosztów wytwarzania i dystrybucji przy jednoczesnym zapewnieniu wymaganej jakości, wymaga dostępności do informacji *on-line* o stanie obiektu na różnych jego poziomach, które można wyróżnić na rynku energii i mediów. Na rys. 1 przedstawiono NOP i wskazano jego umiejscowienie w systemie czynników energetycznych i mediów. NOP pozyskuje informację z obiektów, przetwarza ją i archiwizuje. Dostęp do zgromadzonej i przetworzonej informacji, zgodnie z posiadanymi uprawnieniami powinni mieć poszczególni uczestnicy rynku energii i mediów.



Rys. 1. Model niezależnego operatora pomiarów  
Fig. 1. Model of the independent measuring operator

Zgodnie z zaleceniami organizacji ESMIG (*European Smart Metering Industry Group*), jedną z podstawowych funkcji NOP-u powinna być dwukierunkowa komunikacja pomiędzy NOP-em a producentami (P), dystrybutorami (D) i odbiorcami końcowymi (O) czynników energetycznych lub mediów [6]. Pozyskanie tej informacji wymaga zbudowania rozproszonego systemu akwizycji danych oraz opracowania aplikacji informatycznej w postaci hurtowni danych do przetworzenia zebranej informacji pomiarowej i dostarczenia wyników przetwarzania zainteresowanym podmiotom tzn. wytwórcom, dystrybutorom oraz odbiorcom. W chwili obecnej, najgorzej sytuacja przedstawia się na najniższym poziomie tzn. u odbiorców czynników lub mediów. Istniejące urządze-

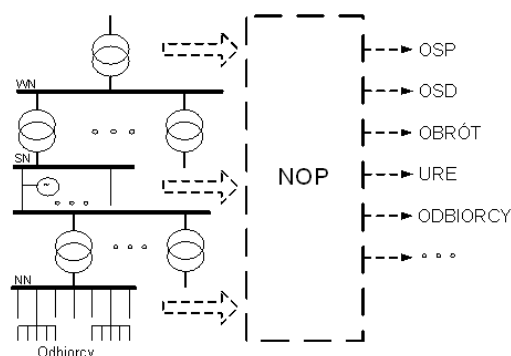
nia pomiarowe w postaci liczników najczęściej nie są wyposażone w cyfrowe wyjścia komunikacyjne umożliwiające bieżące przesyłanie informacji o zużyciu czynników energetycznych lub mediów. Ponadto, sytuacja ta ma decydujący wpływ na brak możliwości realizowania odpowiedniej polityki cenowej w odniesieniu do odbiorców. Szacuje się, że oszczędności w zużyciu czynników energetycznych lub mediów wynikające z możliwości wprowadzenia elastycznej, wielotaryfowej polityki cenowej na poziomie odbiorców mogą być na poziomie 10%. W ocenach bardziej optymistycznych poziom oszczędności może być jeszcze większy. Przykładem mogą być oszacowania podawane przez amerykańską firmę 4HOME wynoszące około 20% oszczędności. Produkty tej firmy opracowane w ramach programu *4Home Energy Network* zostały nagrodzone na targach CES'2009 w Las Vegas w kategorii *Best of Innovations award for Eco-design* [9].

W warunkach liberalizacji rynku czynników energetycznych i mediów istotnym jest istnienie obiektywnej platformy wspomagającej każdy z podmiotów w osiąganiu wysokiej efektywności w ich działaniu. Zarządzane przez NOP urządzenia pomiarowe będą źródłem gromadzonej *on-line*, przetwarzanej, archiwizowanej i zarządzanej przez NOP informacji ilościowej i jakościowej, która będzie udostępniana pozostałym podmiotom systemu. Sfera usług oferowanych przez NOP może obejmować poza grupą usług podstawowych takich jak usługi zdalnego odczytu liczników i bilingu, również usługi bardziej zaawansowane np.: monitorowanie rozpyły mocy, monitorowanie poziomu zużycia energii, monitorowanie jakości energii, identyfikację i lokalizację nielegalnych poborów, bieżącą i długofalową analizę gromadzonych informacji.

Z uwagi na ważność realizowanych zadań, funkcja NOP powinna być realizowana przez kilka podmiotów, co oznaczałoby wprowadzenie mechanizmów konkurencyjnych w tym obszarze. Takie rozwiązanie z sukcesem jest wdrażane m. innymi w Wielkiej Brytanii krajach skandynawskich, gdzie w chwili obecnej funkcjonuje kilka podmiotów pełniących funkcję niezależnego operatora pomiarów [3, 5].

### 3. Struktura systemu inteligentnego opomiarowania

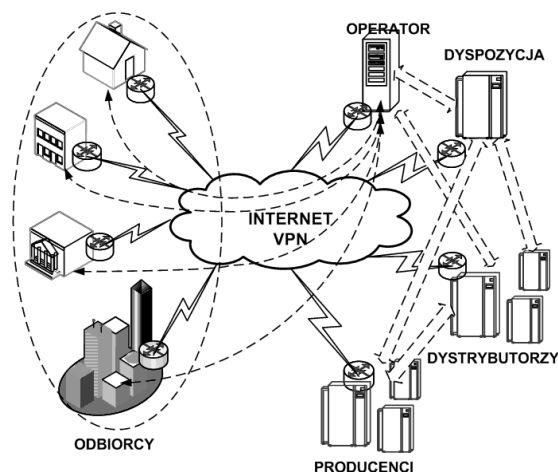
Potrzeba podniesienia efektywności wytwarzania i dystrybucji energii oraz ochrony środowiska, a także stopniowo zmieniający się rynek energii w Polsce wymaga od przedsiębiorców związanych z sektorem energetycznym modernizacji infrastruktury. Realizacja przez NOP wymienionych w poprzednim punkcie zadań wymaga zainstalowania urządzeń zdalnego odczytu nowej generacji tzn. z dwukierunkowym, cyfrowym wyjściem komunikacyjnym, zbudowania dedykowanej infrastruktury komunikacyjnej do zdalnego odczytu liczników i wprowadzenia odpowiednich technologii informatycznych do gromadzenia, przetwarzania, archiwizowania danych. Systemy informatyczne obsługujące część licznikową, poza bezpieczeństwem danych i zarządzaniem prawami dostępu do nich, powinny zapewnić odpowiednią pojemność, wydajność i skalowalność. W dalszej części artykułu zagadnienia związane z aplikacjami informatycznymi wykorzystywanymi przez niezależnego operatora nie będą dyskutowane. Na rys. 2 przedstawiono uproszczony schemat funkcjonalny systemu energetycznego z wyszczególnieniem trzech poziomów napięć i odbiorców (WN, SN i NN) i pokazano jego powiązanie z NOP-em. Największa koncentracja punktów pomiarowych w systemie inteligentnego opomiarowania czynników energetycznych i mediów występuje na najniższym poziomie. W przypadku energii elektrycznej punktów tych jest około 17 mln, a szacowany koszt związany z instalacją jednego punktu pomiarowego z elektronicznym odczytem i komunikacją na najniższym poziomie wynosi ok. 200 Euro włączając w to obsługę informatyczną i komunikacyjną. Koszt wężła pomiarowego na poziomie SN i WN szacuje się na poziomie ok. 600 Euro, ale z uwagi na znacznie mniejszą liczbę punktów pomiarowych koszty te są zdecydowanie niższe niż na poziomie NN [3, 5].



Rys. 2. NOP w strukturze systemu energetycznego  
Fig. 2. NOP in the energy system structure

NOP pozyskuje informację pomiarową z punktów pomiarowych rozmieszczonych na poszczególnych poziomach systemu energetycznego, archiwizuje ją i przetwarza. Wyniki pomiarów i/lub wyniki przetworzenia udostępniane mogą być przede wszystkim następującym podmiotom: operatorom systemów przesyłowych (OSP), operatorom systemów dystrybucyjnych (OSD), Urzędowi Regulacji Energetyki (URE), spółkom obrotu i odbiorcom.

Na rys. 3 przedstawiono infrastrukturę logiczną systemu komunikacyjnego integrującego wszystkich uczestników rynku energii i mediów. Na najwyższym poziomie infrastruktury komunikacyjnej znajduje się Internet, do którego dostęp odbywa się poprzez routery znajdujące się u wszystkich uczestników systemu. Wykorzystanie dobrze rozwiniętej obecnie, dobrze zestandaryzowanej i stabilnej publicznej infrastruktury komunikacyjnej (xDSL, GPRS, WiFi, CTV, Ethernet) z kanałami VPN na tym poziomie wydaje się być przesądzone. W strukturze logicznej systemu przedstawionej na rys. 3 wyróżniono dwie grupy uczestników systemu: odbiorcy energii i pozostali uczestnicy łącznie z operatorem. Jednym z ważniejszych i często dyskutowanych elementów systemu jest protokół komunikacyjny warstwy obiektowej. Z uwagi na obecną sytuację w obszarze protokołów komunikacyjnych stosowanych na poziomie obiektów, mało realnym do zrealizowania wydaje się przyjęcie założenia o jednym, dominującym protokole komunikacyjnym. Bardziej realnym do zaakceptowania i ważniejszym z punktu widzenia aplikacji jest przyjęcie ujednoliconego formatu danych, który może być przenoszony przez różne protokoły komunikacyjne.



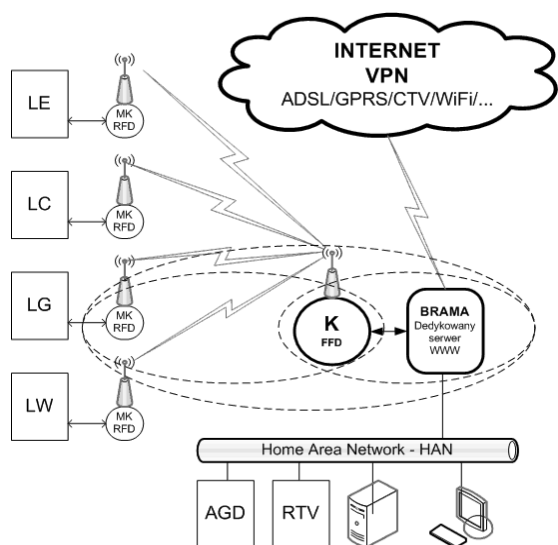
Rys. 3. Struktura logiczna systemu EMS  
Fig. 3. Logical diagram of the EMS

Takie podejście jest bardziej elastycznym, ale należy podkreślić, że zbyt duża różnorodność i dowolność w obszarze protokołów

komunikacyjnych nie jest sytuacją korzystną. Proponowanym formatem do prezentacji przesyłanych danych obiektowych i zarządzających jest format bazujący na XML [3]. Ilustracją takiego podejścia może być między innymi rozwiązanie firmy 4HOME, w którym centralny punkt systemu dedykowane urządzenie *Home Energy Command Center*, ma możliwość obsługi do czterech standardowych protokołów komunikacyjnych i dwóch protokołów firmowych poprzez porty szeregowy USB. Jako standardowe protokoły komunikacyjne wybrano TCP/IP, poprzez Ethernet, LonWorks firmy Echelon, PLC oraz Z-Wave i ZigBee [8, 9].

#### 4. Elementy struktury komunikacyjnej systemu

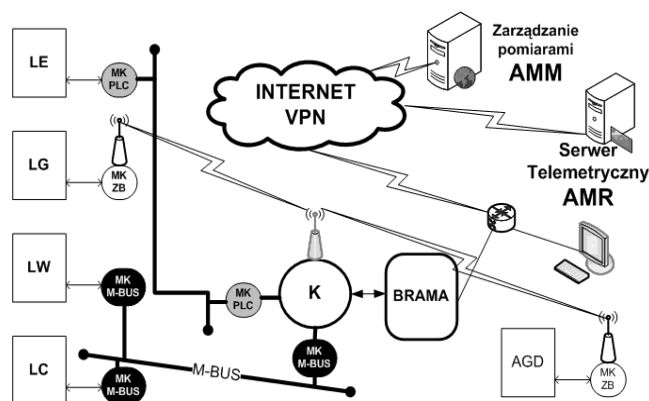
Z uwagi na liczbę punktów pomiarowych, rozważania związane z infrastrukturą komunikacyjną zostaną ograniczone do poziomu odbiorców. Na tym poziomie mogą już funkcjonować sieci komunikacyjne w ramach np. automatyki budynku (inteligentnych budynków) wykorzystujące takie protokoły komunikacyjne jak np.: LonWorks, CAN, M-Bus, KNX itp. Wobec powyższego infrastruktura komunikacyjna systemu inteligentnego opomiarowania na poziomie obiektowym może być wspomagana przez istniejące rozwiązania komunikacyjne, ale nie może na nich bazować. Jedną z interesujących możliwości rozwiązania infrastruktury komunikacyjnej na poziomie odbiorców jest wykorzystanie bezprzewodowego standardu komunikacyjnego bazującego na sieciach bezprzewodowych klasy "multi-hop" o topologii fizycznej siatki, której przykładem jest sieć bezprzewodowa ZigBee, co zostało przedstawione na rys. 4 [2, 4, 6].



Rys. 4. Struktura logiczna węzła warstwy systemu inteligentnego opomiarowania  
Fig. 4. Node logical diagram of the smart metering system

Każdy licznik wyposażony jest w bezprzewodowy moduł komunikacyjny ZigBee o zredukowanej funkcjonalności (MK RFD), natomiast węzeł koordynatora sieci ZigBee jest węzłem o pełnej funkcjonalności (FFD). Funkcja koordynatora, modułu MK i dedykowanego serwera WWW może zostać zintegrowana z jednym z liczników, co przedstawiono na rys. 4 linią przerywaną. Przedstawiona na rys. 4 struktura może być rozbudowana o moduły routerów ZigBee, które pozwalają na zwiększenie rozmiarów sieci. Podstawową zaletą stosowania transmisji bezprzewodowej w systemach akwizycji danych jest znaczne obniżenie kosztów związanych z instalacją i uruchamianiem węzłów systemu zarówno w warunkach przemysłowych jak i domowych. Sieci bezprzewodowe będą stanowiły uzupełnienie stosowanych obecnie rozwiązań przewodowych, takich jak LonWorks, KNX,

M-Bus itp. [1, 4]. Natomiast w perspektywie najbliższych lat znaczenie rozwiązań bezprzewodowych na najniższym poziomie systemu będzie rosło. Na rys. 5 przedstawiono strukturę logiczną węzła systemu opomiarowania czynników energetycznych wykorzystującym hybrydowe rozwiązania komunikacyjne do wymiany danych z licznikami LE, LC, LW, LG.



Rys. 5. Struktura logiczna węzła warstwy systemu inteligentnego opomiarowania  
Fig. 5. Node logical diagram of the smart metering system

Liczniki wyposażone są moduły MK pracujące w standardzie ZigBee, PLC i M-BUS. Funkcję koordynatora K może pełnić wydzielony węzeł będący jednocześnie bramą do informatycznej części systemu. Funkcje węzła koordynującego i węzła bramy mogą być zintegrowane. Dane pomiarowe gromadzone są na serwerze telemetrycznym AMR (*Automated Meter Reading*), natomiast zarządzanie pomiarami i systemem jest realizowane przez serwer AMM (*Advanced Metering Management*).

#### 5. Podsumowanie

W artykule przedstawiono propozycję rozwiązania rozproszonego, inteligentnego systemu do opomiarowania czynników energetycznych i mediów spełniającego wymagania organizacji ESMIG. Zwrócono uwagę na potrzebę rozwiązania sposobu gromadzenia informacji o bieżącym zużyciu czynników energetycznych i mediów niezależnego operatora pomiarowego. Przedstawiono strukturę systemu opomiarowania czynników energetycznych z NOP-em oraz strukturę logiczną części komunikacyjnej systemu bazującego na rozwiązaniach bezprzewodowych i heterogenicznych.

#### 6. Literatura

- [1] Crowson P.: Intelligent Water Metering. Metering International, 2/2010, s. 50-51.
- [2] Gislason D.: ZigBee Wireless Networking. Elsevier, 2008.
- [3] Kubek D.: Niezależny Operator Pomiarowy. Nowa Energia, nr 2/2008, s. 44-47.
- [4] Michta E.: Systemy pomiarowo-sterujące nowej generacji. Prace Instytutu Elektrotechniki, 2007, z. 232, s. 131-141.
- [5] Michta E.: Infrastruktura komunikacyjna systemu inteligentnego opomiarowania czynników energetycznych. Nowa Elektrotechnika, 9/2009, s. 15-19.
- [6] Olszyna J.: Technologie bezprzewodowe w przemyśle na przykładzie standardu ZigBee. Pomiary Automatyka Robotyka, 12/2008, s. 12-15.
- [7] www.esmig.eu
- [8] www.zigbee.org
- [9] www.4home.com