

Systemy do monitorowania zużycia energii elektrycznej w domu

Streszczenie. W artykule przedstawiono przegląd systemów inteligentnego pomiaru zużycia energii elektrycznej w lokalach mieszkalnych. Dokonano klasyfikacji opisywanej grupy systemów z uwagi na poziom szczegółowości prezentowanych informacji. Omówiono ich zadania i typowe funkcje, możliwości pomiarowe i komunikacyjne.

Abstract. The paper presents the overview of the intelligent measurements for the energy consumption in residential premises. The measurement systems were classified considering the types of collected data. The paper presents examples of systems for monitoring the overall electrical energy consumption and systems for monitoring the energy consumption by individual appliances. The paper covers tasks and typical functions and measurement capabilities of systems belonging to subsequent categories of systems identifying appliances based on the electrical energy consumption. (**Systems for monitoring electricity consumption in the house**).

Słowa kluczowe: monitorowanie zużycia energii elektrycznej w domu, system pomiarowy.

Keywords: home electrical energy monitor, smart metering.

doi:10.12915/pe.2014.11.11

Wstęp

W artykule przedstawiono przegląd aktualnego stanu wiedzy z zakresu systemów inteligentnego pomiaru zużycia energii elektrycznej (EE) w lokalach mieszkalnych. Systemy z tej grupy są uzupełnieniem systemów do zdalnego odczytu zużycia EE (AMI – ang. Advanced Metering Infrastructure) [1], inteligentnych liczników energii (ang. Smart Meter) [1] oraz inteligentnych sieci elektroenergetycznych (ang. Smart Grid) [2]. Zadaniem domowych systemów monitoringu zużycia energii elektrycznej (DSMZEE) (ang. home electrical energy monitor) jest dostarczenie końcowemu odbiorcy szybkiej i wygodnej informacji na temat wykorzystania EE takiej jak: koszt zużytej całkowitej EE, zużycie EE przez poszczególne odbiorniki w obszarze gospodarstwa domowego, prognozy zużycia EE w okresach krótko i długoterminowych, wyniki analizy kosztów przy zastosowaniu różnych taryf od różnych dostawców EE. Celem stosowania domowych systemów monitorowania zużycia EE jest zwiększenie świadomości użytkowników, co skutkuje obniżeniem zużycia energii, a tym samym jej kosztów. Według różnych badań zastosowanie takich systemów powoduje zmniejszenie zużycia energii w domu o 4-15 % [3].

Pozyskiwanie informacji w systemach monitorowania energii elektrycznej

Zużycie EE może być mierzone przy pomocy dedykowanych mierników dołączonych do obwodów elektrycznych na wejściu do obiektu i/lub dołączonych do każdego odbiornika w danym obiekcie. Innym rozwiązaniem jest pozyskiwanie informacji z nowych typów liczników EE, z wykorzystaniem cyfrowych interfejsów komunikacyjnych. Zaletą systemów monitorowania EE, opartych o informacje z jednego miernika lub licznika, jest brak konieczności instalacji dodatkowych urządzeń w środowisku domowym, wadą natomiast jest zwykle ograniczenie informacji do całkowitego poboru EE. Systemy oparte o pomiar w wielu punktach domowej sieci energetycznej pozwalają na dostarczenie rozszerzonej informacji też o jednostkowe pobory EE przez poszczególne odbiorniki EE. Wadą tych rozwiązań jest konieczność instalacji dedykowanych mierników/czujników, zwykle przy każdym odbiorniku EE w domu. Najbardziej zaawansowane systemy mogą wykorzystywać algorytmy identyfikacji odbiorników EE, które pozwalają na ocenę zużycia energii przez poszczególne odbiorniki na podstawie pomiaru z jednego licznika lub dedykowanego urządzenia pomiarowego.

Komunikacja w systemach monitorowania energii elektrycznej

Domowe systemy monitorowania zużycia EE składają się zwykle z takich urządzeń jak: czujniki poboru prądu, mierniki różnych parametrów energii elektrycznej, liczniki, urządzenia do wizualizacji, bramki do systemów telekomunikacyjnych (np. sieci komórkowych i komputerowych). Elementy DSMZEE muszą się ze sobą komunikować i wymieniać informacje o zużyciu energii. W istniejących systemach komunikacja ta odbywa się za pomocą przewodów oraz łącz radiowych. Transmisję przewodową wykorzystuje się w systemach przemysłowych oraz w systemach, w których monitorowanie zużycia energii nie jest funkcją podstawową (np. w systemach sterowania inteligentnych domów czy systemach pozyskiwania energii ze źródeł naturalnych). W systemach takich wykorzystuje się: interfejsy szeregowo RS-485 ([4], [5], [6]) i RS-232 ([4], [7], [5], [8]), kable sieciowe ([9], [10], [11], [12], [13], [14], itp.) czy kable energetyczne [15] ([14], [16]). Większość obecnie istniejących i/lub rozwijanych DSMZEE wykorzystuje łącza bezprzewodowe do komunikacji w obrębie obiektu. Ze względu na niski pobór energii (np. w stosunku do WiFi [17], niezawodność, bezpieczeństwo, przepustowość (większa niż w Z-Wave [18]) największe znaczenie w DSMZEE zyskuje ZigBee [19]. Inne popularne interfejsy wykorzystujące łącza bezprzewodowe wykorzystywane w tych systemach to: Insteon [20], WiFi, Z-Wave. Niektóre DSMZEE wykorzystują wiele różnych protokołów komunikacyjnych. Przykładowo w systemie TED 5000 [12] można połączyć elementy wykorzystujące WiFi, HomePlug czy ZigBee.

Wizualizacja wyników pomiarów i analizy w systemach monitorowania energii elektrycznej

W istniejących DSMZEE prezentacja informacji odbywa się na wyświetlaczu dedykowanego urządzenia (np. w postaci naściennego panelu lub poręcznego pilota do sterowania systemem), lub wyświetlaczu typowego urządzenia np. komputera, tabletu, smartfona. Spora grupa systemów do przetwarzania i prezentacji wykorzystuje również zewnętrzne systemy sieciowe. Urządzenia komunikacyjne w takich systemach przekazują informacje o zużyciu energii do sieciowego serwera poprzez sieć Internet. Urządzenia służące do wizualizacji pozyskują przetworzone dane z tych serwerów również z wykorzystaniem sieci Internet. Przetwarzanie danych odbywa się w chmurze obliczeniowej. Pozwala to na dostęp na bieżąco (on-line) do informacji o zużyciu energii z różnych urządzeń i z dowolnego miejsca. Prezentacja na

różnych urządzeniach dysponujących połączeniem do sieci Internet może być dokonywana w sposób jednolity.

Klasyfikacja i przykłady domowych systemów monitorowania energii elektrycznej

Z uwagi na możliwości identyfikacji zużycia energii systemy do jego monitorowania możemy podzielić na te, które umożliwiają monitorowanie całkowitego zużycia w środowisku domowym oraz te, które pozwalają na identyfikację zużycia energii przez poszczególne jednostkowe odbiorniki.

Systemy do monitorowania całkowitego zużycia energii elektrycznej korzystają zwykle z jednego dedykowanego miernika energii/mocy/natężenia prądu lub wykorzystują informacje uzyskane z liczników energii. Informacje te mogą uzyskiwać bezpośrednio z wykorzystaniem cyfrowych interfejsów lub pośrednio, zwykle przy wykorzystaniu czujnika optycznego. Typowym przykładem systemu z prostym czujnikiem optycznym w postaci nakładki na analogowy licznik energii jest Wattvision [21]. Oprócz takiego czujnika, zaprojektowanego i przetestowanego dla danego miernika, elementem systemu jest bramka WiFi (Rys. 1). Wysyła ona przez Internet informacje do serwera Wattvision, na którym składowane są dane z liczników oraz dokonywana jest analiza danych. System umożliwia monitorowanie zużycia EE z wykorzystaniem dowolnego urządzenia wyposażonego w przeglądarkę Internetową, które łączy się ze stroną Wattvision. Po zainstalowaniu systemu, można zobaczyć bieżącą konsumpcję i wykresy z danych historycznych na stronie internetowej. Strona posiada wersję dla małych urządzeń przenośnych takich, jak smartfony. Podobne systemy oparte o optyczne nakładki na liczniki energii to [22] i [23].



Rys.1. Elementy systemu Wattvision

Systemy korzystające z dedykowanego urządzenia pomiarowego wykorzystują zwykle czujniki w postaci cęgowych przekładników prądowych. Sygnały z czujników poddawane są przetwarzaniu analogowo-cyfrowemu i dalej przekazywane, zwykle drogą radiową, do centrali systemu. Prezentacja odbywa się na dołączonych wyświetlaczach w postaci panelu ściennego lub na-ręcznych pilotów. Dodatkowo systemy z tej grupy posiadają bramki do Internetu łączące się drogą bezprzewodową z centralą systemu oraz kablem sieciowym lub siecią WiFi z domowym routerem.

Typowo systemy do monitorowania całkowitego zużycia EE pozwalają na przewidywanie i wyliczanie dokładnych kosztów w danym cyklu rozliczeniowym oraz statystyk zużycia EE, np. koszt na sekundę, dzienny, miesięczny w różnych taryfach; współpracują z oprogramowaniem, które umożliwia zaawansowaną prezentację zużycia EE w postaci wykresów oraz identyfikację trendów; wyświetlają aktualne zużycie energii oraz energię zużytą w zadanych okresach czasu zarówno w kilowatach [kW], jak i w danej walucie na godzinę; pozwalają na ustawianie alarmów; itp. Przykładem systemu korzystającego z jednego dedykowanego urządzenia pomiarowego jest OWL [24]. System produkowany jest w kilku wersjach różniących się

głównie możliwościami komunikacyjnymi. W wersji OWL+USB [25] system służy do monitorowania zużycia energii w domu z możliwością rejestracji danych. System jest łatwy w użyciu, wykorzystuje transmisję bezprzewodową i zasilanie z baterijne. Wyposażony jest w port USB, który umożliwia pobieranie danych do aplikacji MS Windows w celu tworzenia użytecznych wykresów i dalszej analizy. System składa się z wyświetlacza LCD montowanego na ścianie lub ustawianego na stole; nadajnika zapewniającego łączność bezprzewodową na częstotliwości 433 MHz do około 30 m; dwóch czujników prądu, pozwalających na pomiar natężenia do 71 A (Rys. 2). Istnieje możliwość instalacji trzeciego czujnika dla pomiarów trójfazowych. W odstępach 12 sekundowych system umożliwia wyświetlanie: kosztu i ilość zużytej EE (kWh), mocy aktualnie pobieranej (kW), aktualnego natężenia prądu (A), aktualnej i sumarycznej emisji gazów cieplarnianych (GHG), a także ich wartości średnich i historycznych. System pozwala na pracę z zasilaniem baterijnym przez ponad 18 miesięcy.

W nowszej wersji systemu OWL Intuition-e [10] dodano bramkę sieciową do automatycznej rejestracji danych w chmurze. Bramka Network OWL łączy się z routerem sieciowym i bezprzewodowo łączy się z przetwornikiem i czujnikami z wykorzystaniem pasma 433 MHz lub 868 MHz. Oprogramowanie w chmurze umożliwia zdalny dostęp na bieżąco do danych o zużyciu EE z przeglądarki internetowej, tabletu lub telefonu komórkowego. Wykorzystanie oprogramowania w chmurze pozwoliło na rozszerzenie możliwości wizualizacyjnych i analitycznych, np. o wyliczanie kosztów zużycia EE dla różnych taryf abonenckich.



Rys.2. Elementy systemu OWL

W grupie systemów korzystających z jednego dedykowanego urządzenia pomiarowego należy jeszcze wspomnieć o systemach: [11], [27], [28], [29], [9], [30], [8], [31], [16], [4].

Systemy do monitorowania zużycia energii elektrycznej przez poszczególne odbiorniki można podzielić na dwie podgrupy. W pierwszej znajdują się te systemy, które wykorzystują informacje z wielu czujników. W drugiej systemy z jednym, centralnym urządzeniem pomiarowym. Czujniki w systemach należących do pierwszej grupy przesyłają informacje o jednostkowych poborach EE przez poszczególne odbiorniki do jednostki centralnej, która odpowiada za magazynowanie danych i ich przekazywanie do magazynów danych, algorytmów statystycznych i analitycznych oraz do urządzeń zapewniających interakcje z użytkownikiem w postaci dedykowanych wyświetlaczy lub urządzeń sieciowych jak komputery osobiste, laptopy, smartfony, tablety itp.

Systemy pozwalające na pomiar w wielu obwodach elektrycznych są zbudowane z modułów, które mogą dokonywać pomiarów w określonej liczbie obwodów. Moduły takie mogą pracować niezależnie lub mogą być łączone w większy system obejmujący wszystkie obwody w domu. Systemy w tej kategorii umożliwiają na pomiar

ponad 40 obwodów 200A i mogą być skonfigurowane dla praktycznie dowolnych wymogów monitorowania EE. Wszystkie urządzenia komunikują się ze sobą zwykle bezprzewodowo. Odbiornik może odbierać dane z wielu czujników, które mogą być w postaci przekładników prądowych (ang. current transducers - CT) lub wtyczek przelotowych do gniazdek energetycznych (IAM - Individual Appliance Monitors). W warstwie prezentacji wykorzystywane są te same technologie i konfiguracje jak w przypadku systemów do monitoringu całkowitego zużycia EE. Zwykle systemy posiadają dedykowany wyświetlacz, mogą przechowywać dane historyczne, a dane mogą być eksportowane za pomocą kabla lub bramki internetowej.

Przykładem systemu z tej grupy jest Current Cost [32]. System składa się z monitora Envi, czujników prądu z nadajnikiem, bramki internetowej oraz portalu Internetowego Enerati (Rys. 3). W systemie Current Cost kłamrowe przekładniki prądowe (CT) są podłączone do bezprzewodowego nadajnika z zasilaniem bateryjnym (czas pracy 7 lat). Czujniki mogą być instalowane na przewodach energetycznych o maksymalnej grubości 1 cala oraz do 300 A i 600 V. Każdy nadajnik może być podłączony do trzech rodzajów czujników: pojedynczy CT (do pomiaru w sieciach 110 V-120 V), podwójny CT (sieci 220V – 240V), potrójny CT (do pomiarów trójfazowych). Natomiast czujniki w postaci wtyczek przelotowych (IAM) mogą być podłączone do każdego odbiornika EE. Czujniki IAM są dedykowane do sieci 15A i 110 V i mogą dokonywać pomiaru zużycia energii dla pojedynczych odbiorników lub ich grupy. Każdy czujnik wysyła dane w odstępach 8-10 sekundowych.

Monitor Envi może odbierać dane bezprzewodowo (433MHz) od 10 czujników jednocześnie. Podobnie jak w przypadku systemów jednoczujnikowych monitor systemu wyświetla wartości mocy, energii czy jej kosztów skojarzonych z predefiniowanymi taryfami, z możliwością zmian parametrów. Główną różnicą jest możliwość wyświetlenia jednostkowych zużyć energii przez każdy z odbiorników dołączony do systemu Current Cost. Oprogramowanie systemu umożliwia dodatkowo przesłanie do komputera osobistego danych historycznych, które można analizować za okres 7 lat. W celu przesłania danych do PC można użyć interfejsu RS-232 i opcjonalnego konwertera RS-232 na USB.



Rys.3. Elementy systemu Current Cost

Istnieje wiele innych systemów opartych o analogiczną architekturę. Najbardziej popularne z nich to: [12], [14], [7], [33], [5], [8], [34], [35]. Ciekawym przykładem jest ten ostatni głównie ze względu na otwartość projektu zarówno pod względem oprogramowania jak i sprzętu. OpenEnergyMonitor jest całkowicie otwartym systemem monitorowania i sterowania domowych i przemysłowych odbiorników energii. System zawiera bezprzewodowe czujniki, które wysyłają dane w regularnych odstępach czasu do internetowej stacji bazowej. Obecnie system może być skonfigurowany do różnych zastosowań, w tym do monitorowania energii domowej. Podejmowane są próby połączenia systemu OpenEnergyMonitor z wynikami projektu nilmtk (ang. Non-Intrusive Load Monitoring Toolkit) [36]. Efektem spodziewanego aliansu może być w pełni

funkcjonalny system pozwalający na monitorowanie zużycia energii przez poszczególne odbiorniki na podstawie danych pomiarowych z jednego miernika.

Systemy do monitorowania jednostkowych zużyć energii w obszarze lokalu mieszkalnego, korzystające z jednego urządzenia pomiarowego, wykorzystują zaawansowane algorytmy identyfikacji odbiorników. Systemy takie nie muszą wtedy pozyskiwać informacji z wielu czujników. W zamian, wykorzystując informację z jednego centralnego urządzenia pomiarowego oraz mechanizmy identyfikacji systemy takie pozwalają na identyfikację zużycia EE przez poszczególne odbiorniki. Istnieje kilka metod identyfikacji odbiorników energii różniących się m. in. częstotliwością próbkowania prądu obciążenia [37]. Obecnie istniejące systemy z tej grupy wykorzystują niektóre z tych metod.

System Belkin Echo Electricity [38] ma wykorzystywać metodę identyfikacji odbiorników za pomocą znaczników EMI [39] i pomiaru napięcia z wysoką częstotliwością próbkowania. System wykrywa sygnatury prądu i napięcia w obrębie obwodu elektrycznego danego budynku za pomocą pojedynczego czujnika, który można umieścić na liczniku, w skrzynce z bezpiecznikami lub w gniazdku. Sygnatury te są analizowane przy użyciu zaawansowanych algorytmów opartych o automatyczny proces uczenia się w jaki sposób urządzenia zużywają energię. Algorytmy pozwalają dokładnie określić, które urządzenia są aktualnie używane, i ile energii zużywają. Ta informacja może pokazać, które urządzenia wymagają wymiany lub naprawy, a także może dostarczyć informacji na temat wzorców ich ekonomicznego wykorzystania przez użytkownika.

Do podobnych systemów wykorzystujących metody automatycznej identyfikacji odbiorników EE można zaliczyć systemy: Wattseeker – LYNX [40] i Navetas Home Energy Monitor [41].

Oprogramowanie do zarządzania energią (ang. Energy Management Software – EMS) - to ogólne określenie odnoszące się do różnych aplikacji związanych z energią umożliwiających śledzenie kosztów, pomiar w czasie rzeczywistym, budowę systemów sterowania HVAC (ang. Heating, Ventilation, Air Conditioning) i oświetlenia, tworzenia symulacji i modelowania, monitorowanie ekwiwalentu emisji gazów cieplarnianych, reagowanie na politykę i/lub audyty energetyczne.

Obecnie działa kilka portali Internetowych oferujących usługi wspomaganie zarządzania zużyciem EE w środowisku domowym. Oprogramowanie portalu przeznaczone jest zwykle do współpracy z danymi z inteligentnych liczników lub z systemów z obu wcześniej przedstawionych grup systemów. Typowe oprogramowanie do zarządzania energią jest narzędziem zawierającym najważniejsze funkcje monitorowania EE, takie jak: wizualizację zużycia energii, wyliczanie kosztów zużycia energii wg taryf operatorów, porównanie aktualnego zużycia z typowymi wartościami zużycia w okolicy i z wartościami globalnymi, porównanie oszczędności z oszczędnościami innych użytkowników, definiowanie celów i uzyskanie rekomendacji do ich realizacji, wykres osiągnięcia celu wyświetlany na bieżąco z sygnalizacją odpowiednich poziomów, podpowiedzi w postaci indywidualnych zaleceń w celu oszczędzania energii. Trzy duże projekty portali z oprogramowaniem do zarządzania EE zostały w ostatnim czasie zawieszono głównie z uwagi na mniejsze od oczekiwanego zainteresowanie konsumentów lub ze względu na powolne przyjmowanie się na rynku. Są to Google PowerMeter [26], Microsoft Hohm Portal [42] oraz My-Eragy [43]. Obecnie wśród działających portali wyróżnia się Opower [44] oraz dwa systemy wykorzystujące algorytmy identyfikacji zużycia energii przez poszczególne odbiorniki: PlotWatt [45] i Bidgely [46].

Podsumowanie

Obecnie istnieje wiele komercyjnych systemów do monitorowania zużycia EE w obszarze użytkownika końcowego. Prawie wszystkie z nich pozwalają jedynie na monitorowanie całkowitego zużycia energii w danym obiekcie lub korzystają z wielu czujników dołączanych do każdego z odbiornika energii. Istnieje też kilka rozwiązań programowych w postaci portali Internetowych, korzystających z odczytu z inteligentnych liczników lub innych systemów pomiarowych. Portale takie posiadają rozbudowane statystyki zużycia EE dostępne na stronach WWW, a przetwarzanie danych o zużyciu zwykle odbywa się w chmurze. Kilka projektów, które wykorzystują algorytmy automatycznej identyfikacji zużycia energii przez poszczególne odbiorniki jest obecnie w fazie rozwojowej i nie są oferowane w sprzedaży. W bieżącej chwili rozwijane są też obiecujące projekty na zasadach otwartego oprogramowania i sprzętu.

Praca wykonana w ramach projektu badawczego NCBiR PBS2/A4/8/2013.

LITERATURA

- [1] US Department of Energy: Assessment of Demand Response and Advanced Metering - Staff Report, Federal Energy Regulatory Commission, <http://www.ferc.gov/legal/staff-reports/12-08-demand-response.pdf>, December, 2008.
- [2] IEEE, About IEEE Smart Grid, IEEE Smart Grid Newsletter, <http://smartgrid.ieee.org/ieee-smart-grid>, March, 2014.
- [3] Borstein J., Blackmore K.: In-Home Display Units: An Evolving Market, Part 1 (Report), 2008.
- [4] E-PLUS Zakład Wykonawstwa Sieci i Instalacji Elektrycznych Mirosław Komorowski: ERGON Cyfrowy System Monitorowania Energii, <http://www.eplus.opole.pl/produkty/oprogramowanie-odczytowe-liczniki-landis/ergon/>, 2012.
- [5] Shenzhen Sailwider Electronics Co., Ltd.: Wireless Home Electricity Energy Monitoring System, <http://www.sailwider-smartpower.com/eco/wireless-home-electricity-energy-monitoring-system.htm>, 2014.
- [6] Metronic Systems: Monitoring energii elektrycznej, <http://www.metronic.com.pl/systemy/pomiar-energii-elektrycznej.html>, 2014.
- [7] Brultech: ECM-1240 Energy Monitor, <http://www.brultech.com/products/ECM1240/>, 2014.
- [8] Brand Electronics: The Brand Electronics ONE Meter Solution, <http://www.brandelectronics.com/onemeter.html>, 2014.
- [9] LoadIQ: EI.Monitor, <http://www.loadiq.com/EI.Monitor.html>, 2014.
- [10] 2 Save Energy Ltd.: Intuition-e Single-phase Consumption Monitoring, <http://www.theowl.com/index.php/energy-monitors/remote-monitoring/intuition-e/>, 2014.
- [11] Eden Energy Equipment: The Energy Detective (TED), <http://www.edenenergy.com/ted>, 2014.
- [12] Energy Inc: Residential Products: TED 5000 series, <http://www.theenergydetective.com/resproducts>, 2014.
- [13] Brand Electronics: The Model 20-CTR, <http://www.brandelectronics.com/model20ctr.html>, 2014.
- [14] eGauge Systems LLC: eGauge Main Units, <https://www.egauge.net/products/>, 2014.
- [15] HomePlug Alliance: Powerline Networking, <https://www.homeplug.org/home>, 2014.
- [16] Gabriel Miczka Przedsiębiorstwo: System PowerAuditing z analizą zużycia mediów energetycznych, <http://www.powerauditing.com/efektywnosc-energetyczna/vi-systemy-monitoringu-zuzycia-energii/>, 2014.
- [17] Wi-Fi Alliance: Discover WiFi, <http://www.wi-fi.org/discover-wifi>, 2014.
- [18] Z-Wave Alliance: About Z-Wave, http://www.z-wave.com/what_is_z-wave, 2014.
- [19] ZigBee Alliance: ZigBee Technology, <http://www.zigbee.org/About/AboutTechnology/ZigBeeTechnology.aspx>, 2014.
- [20] INSTEON: How It Works, <http://www.insteon.com/about-howitworks.html>, 2014.
- [21] Energy Circle, LLC: Wattvision Power Monitor, <http://www.energycircle.com/shop/wattvision-power-monitor.html>, 2014.
- [22] Blue Line Innovations Inc.: The Electricity-Saving Power Cost Monitor, <http://www.bluelineinnovations.com/Products/>, 2014.
- [23] Pro Tool Reviews: Black & Decker EM100B Energy Saver Series Power Monitor Review, <http://www.protoolreviews.com/tools/black-decker-em100b/941>, 2014.
- [24] 2 Save Energy Ltd., OWL, <http://www.theowl.com/>, 2014.
- [25] 2 Save Energy Ltd., OWL+USB Energy Monitoring and Analysis, <http://www.theowl.com/index.php/energy-monitors/standalone-monitors/owl-usb/>, 2014.
- [26] Google Inc., Google PowerMeter: A Google.org Project, <http://www.google.com/powermeter/about/>, 2011.
- [27] National Trade Supply, LLC: Cent-A-Meter Wireless Whole House Electricity Monitor, Split Core Connectors http://www.energymonitors.com/product.php?p=eco-response_cm113a&product=175282&category=2353, 2014.
- [28] Eco-eye Limited: Eco-eye in your home, <http://www.eco-eye.com/ecoeye-home.html>, 2014.
- [29] AlertMe: Smart Energy, <https://www.alertme.com/how-we-do-it/products-and-services/smart-energy/>, 2014.
- [30] Efergy Technologies Limited, e2 classic + elink software, <http://efergy.com/us/products/electricity-monitors/e2-classic-elink-software#sthash.hx122tGV.dpuf>, 2014.
- [31] ASTAT Sp. z o.o.: Monitorowanie kosztów energii i innych mediów, <http://www.astat.com.pl/energetyka/monitoring-energii-elektrycznej>, 2014.
- [32] PowerSave, Inc.: Envi Monitoring Hardware, <http://www.currentcost.net/monitor.html>, 2014.
- [33] Green Energy Options Ltd.: Home energy monitoring systems (electricity), <http://www.greenenergyoptions.co.uk/products-and-services/what-we-do/home-energy-monitoring-systems-electricity/>, 2014.
- [34] Energeno: WattsonXL energy monitor, <http://www.diykyoto.com/uk/aboutus/wattson-xl/#moreinfo>, 2014.
- [35] OpenEnergyMonitor.org: Electricity monitoring application note, <http://openenergymonitor.org/emon/applications/homeenergy>, 2014.
- [36] Kelly J.: Non-Intrusive Load Monitoring ToolKit (nilmtk), http://jack-kelly.com/nonintrusive_load_monitoring_toolkit_nilmtk, 2013.
- [37] Łukaszewski R., Liszewski K., Winiecki W.: Metody identyfikacji odbiorników w systemach monitorowania zużycia energii elektrycznej, Pomiary-Automatyka-Kontrola, Wydawnictwo PAK, vol. 59, nr 5, 2013, ss. 429-432.
- [38] Kaggle Inc.: Disaggregate household energy consumption into individual appliances, <http://www.kaggle.com/c/belkin-energy-disaggregation-competition>, 2013.
- [39] Gupta S., Reynolds M. S., Patel S. N.: ElectriSense: Single-Point Sensing Using EMI for Electrical Event Detection and Classification in the Home, UbiComp 2010, Copenhagen, Denmark, Sep 26-29, 2010.
- [40] Wattseeker: A Novel Tool For Measuring & Analyzing Electrical Consumptions, http://www.wattseeker.com/wsen/wp-content/uploads/2012/08/Wattseeker_product_description1.pdf, Wattseeker, Nice, France, 2013.
- [41] Navetas Energy Management: Navetas Energy Monitor, <http://www.navetas.com/our-solutions/showcase/navetas-energy-monitor/>, 2014.
- [42] Microsoft: Microsoft Hohm Helps Consumers Save Money and Energy, <http://www.microsoft.com/en-us/news/press/2009/jun09/06-24energyusagepr.aspx>, 2009.
- [43] myEragy: myEragy Energy Monitor, <http://myeragy.com/>, 2013.
- [44] Opower: Customer Engagement Solutions, <http://opower.com/solutions>, 2014.
- [45] Plotwatt: Plotwatt, <https://plotwatt.com/homes>, 2014.
- [46] Bidgely: Case Studies, <http://bidgely.com>, 2014.

Autorzy: dr inż. Robert Łukaszewski, E-mai: R.Lukaszewski@ire.pw.edu.pl, prof. dr hab. inż. Wiesław Winiecki, E-mai: W.Winiecki@ire.pw.edu.pl, Politechnika Warszawska, Instytut Radioelektroniki, ul. Nowowiejska 15/19, 00-650 Warszawa.