

NARZĘDZIA ICT W STEROWANIU ZACHOWANIEM KLIENTA W INTELIGENTNYCH SIECIACH ENERGETYCZNYCH

Bożena MATUSIAK, Anna PAMUŁA, Jerzy S. ZIELIŃSKI

Streszczenie: Przejście od tradycyjnych opartych o system taryf systemów zarządzania popytem na energię do systemów zrównoważonego rynku energii wymaga pokonania wielu wyzwań z zakresu prawa, ekonomii i technologii. Artykuł prezentuje główne wyzwania związane z rolą narzędzi ICT w zarządzaniu aktywnym udziałem prosu merów w inteligentnych sieciach elektroenergetycznych na podstawie badań projektu SEESGEN-ICT.

Słowa kluczowe: ICT- Information and Communication Technologies, Inteligentne sieci elektroenergetyczne, zintegrowane zapotrzebowanie na energię (Demand Side Integration).

1. Wprowadzenie [3]

Rosnące zużycie energii elektrycznej, zmniejszanie się rezerw paliw kopalnych i zanieczyszczenie środowiska powodują konieczność nowej organizacji elektroenergetyki, w której odbiorca będzie miał większy wpływ na pokrycie swojego zapotrzebowania na energię elektryczną, a z drugiej strony musi zwiększyć się udział energii odnawialnej w produkowanej energii elektrycznej.

W dwudziestym wieku rozszerzają się systemy elektroenergetyczne będące scentralizowanymi, monopolistycznymi układami z milionami biernych odbiorców w świecie. W końcu ubiegłego wieku pojawiły się następujące problemy: wzrost cen ropy naftowej, przewidywanie wyczerpania złóż węgla, niewystarczająca moc generatorów, za mała zdolność przesyłowa, awarie systemowe (blackouty) w krajach rozwiniętych, wzrastający opór przeciw budowie linii ekstra wysokich napięć i konieczność ograniczenia CO₂ generowanego w elektrowniach. Wymienione wyżej problemy wymusiły konieczność reorganizacji pracy systemów elektroenergetycznych, poszukiwanie źródeł energii odnawialnej (RES - Renewable Energy Sources) oraz rozbudowę systemów teleinformatycznych (ICT) - podstawowej bazy systemu telekomunikacyjnego umożliwiającej zaktywizowanie odbiorców. RES, ICT i aktywni odbiorcy określają charakterystyki sieci inteligentnej.

W literaturze można znaleźć wiele definicji sieci inteligentnej, dla potrzeb niniejszego artykułu przyjęto definicję stosowaną w USA, która definiuje następujące funkcjonalności:

- Sieć jest samonaprawialna po awariach elektroenergetycznych.
- Umożliwia aktywne uczestnictwo odbiorców w określeniu zapotrzebowania energii.
- Jest odporna na fizyczne, jak i cybernetyczne ataki.
- Dostarcza energię o jakości odpowiadającej oczekiwaniom 21-go wieku.
- Wykorzystuje wszystkie opcje wytwarzania i magazynowania energii.

Europejska definicja sieci inteligentnej zawiera funkcjonalności odpowiadające podanym w definicji amerykańskiej o numerach 2, 3, 4, 5, do których dodaje: "sieć jest

ekonomiczna zapewniając najlepsze wskaźniki dzięki innowacjom, jest efektywnie zarządzana i stwarza równe szanse dla rozwoju konkurencji oraz zapewnia zdalne sterowanie. Powyższe definicje eksponują rolę źródeł energii odnawialnej w tworzeniu sieci inteligentnej, zatem w dalszych rozważaniach poświęcimy im więcej uwagi."

Wzrastający udział źródeł odnawialnych w systemie elektroenergetycznym w Polsce świadczy o dynamicznym rozwoju tego rynku; według raportu Polskiej Agencji Informacji i Inwestycji Zagranicznych moc obecnie zainstalowanych elektrowni wiatrowych w Polsce wynosi 1096 MW bez uwzględniania budowanej w Margoninie farmy o mocy 240 MW. Przyrost mocy farm wiatrowych w Polsce w trzech pierwszych kwartach 2010 roku w porównaniu z 2009 r. wyniósł 51 proc. Raport przewiduje 75 proc. wzrost w całym roku [9].

Kształtowanie rynku energii z generacją rozproszoną (w tym energii odnawialnej) jest procesem złożonym i napotyka szereg różnego rodzaju barier: formalno prawnych i finansowych, organizacyjnych, technologicznych i strukturalnych[1].

Tematyka zarządzania inteligentnymi sieciami elektroenergetycznymi jest przedmiotem wielu badań i projektów zarówno krajowych jak europejskich. Jednym z takich projektów jest europejski projekt SEESGEN-ICT (Supporting Energy Efficiency in Smart GENERation grids through ICT) 2009-2010 [4].

W obecnym systemie rola odbiorcy energii jest niewielka. Ogranicza się ona do zawarcia umowy na pobór energii o określonej mocy w określonych taryfach, wykorzystania energii oraz opłacenia rachunków.

Założeniem systemu inteligentnych sieci jest aktywny udział odbiorców końcowych systemu elektroenergetycznego w grze rynkowej oraz możliwość kontrolowanej indywidualnej generacji i magazynowania energii. Rola takiego klienta zmienia się na czynne uczestnictwo polegające zarówno na zużywaniu jak i wywarzaniu energii.

Przyjęty w systemie sieci inteligentnych aktywny udział odbiorców końcowych – prosumerów - wymaga od nich zmiany dotychczasowych zachowań poprzez:

- Aktywne zarządzanie zużyciem energii: redukcja konsumpcji, wpływanie na profil zużycia energii poprzez sterowanie urządzeniami o znacznym poborze mocy jak np. urządzenia grzewcze, klimatyzatory, pralki itp.
- Dostarczanie do systemu energii ze źródeł odnawialnych (fotowoltaicznych, farm wiatrowych, małych elektrowni wodnych, kogeneracji) lub magazynowanie tej energii (dzięki samochodom elektrycznym, bateriom).

Inteligentne zachowania prosumerów mają znaczny wpływ na zarządzanie całą siecią elektroenergetyczną i mogą być wykorzystane jako element zwiększający jej efektywność, podnoszący jakość, obniżający koszty oraz integrujący rozproszone źródła energii. Wszystkie działania związane z aktywnym zachowaniem prosumerów określone są nazwą Zintegrowane Zapotrzebowanie na Energię (Demand Side Integration - DSI).

Świadczenie usług energetycznych w sieciach inteligentnych jest ściśle związane z wykorzystaniem środków ICT. Jedynie za pomocą narzędzi ICT możliwe jest zarządzanie złożonym systemem elektroenergetycznym o wielorakich i różnorodnych źródłach energii i ogromnej liczbie jej odbiorców. Efektywne wykorzystanie ICT dla DSI wymaga stworzenia i integracji systemów wszystkich uczestników procesu:

- użytkowników końcowych, którzy potrzebują narzędzi do zapewniających im w sposób satysfakcjonujący zarządzanie wykorzystaniem energii,
- operatorów systemów dystrybucyjnych (DSO), – którzy potrzebują narzędzi do efektywnego zarządzania siecią z dołączonymi źródłami energii rozproszonej,

- nowych potencjalnych usługodawców pełniących role pośredników pomiędzy odbiorcami końcowymi a operatorami sieci.

2. Uwarunkowania ICT dla integracji popytu na energię elektryczną

Uwarunkowania ICT związane z udziałem użytkowników końcowych w strategiach DSI związane są z różnymi kategoriami. Projekt SEESGEN-ICT wyróżnia 21 wymagań w 6 kategoriach[4]:

- Sprzętowe:
 - o inteligentne liczniki pozwalające na przechowywanie danych o zużyciu energii i posiadające funkcjonalność określania konsumpcji w przedziałach 15 minutowych lub krótszych;
 - o modułarne, rozszerzalne domowe urządzenia – bramy do zarządzania wykorzystaniem energii umożliwiające integrację różnych aplikacji (od zarządzania mocą do systemów zarządzania inteligentnym budynkiem) w celu redukcji kosztów. Urządzenia te muszą łączyć rozwiązanie sprzętowe i programowe różnych producentów wpływając na rozwój otwartego rynku stąd wymóg tworzenia wolnego oprogramowania;
 - o inteligentne sensory i przełączniki posiadające wbudowane minisystemy zezwalające na badanie stanu urządzeń i reagujące na polecenia systemu.
- Komunikacyjne:
 - o Media komunikacyjne pozwalające na integrację inteligentnych urządzeń bez dodatkowych instalacji najlepiej w technologii bezprzewodowej i PLC;
 - o Standardy niezbędne do interakcji urządzeń niezależnie od ich producentów, zezwalające użytkownikowi na zmianę dowolnego urządzenia bez zmian całego systemu.
- Monitorowania systemu:
 - o Automatyczny dostęp do informacji takich jak ceny na rynku energii, prognozy pogody czy zaleceń agregatora z wykorzystaniem dowolnych źródeł w tym Internetu;
 - o Monitorowanie danych o zużyciu energii przez poszczególne urządzenia i wysyłanie poleceń w czasie rzeczywistym;
 - o Funkcjonalność typu plug and play wszystkich dodawanych do systemu urządzeń;
 - o Wykrywanie potencjalnych awarii urządzeń i informowanie o nich użytkownika;
 - o Wykrywanie potencjalnych uszkodzeń istotnych części urządzeń;
 - o Funkcje samodiagnostyki urządzeń i sugerowanego procesu naprawy.
- Logiki sterowania:
 - o Inteligentne systemy pozwalające na ocenę zmiany przyzwyczajzeń użytkownika i ich wpływu na uzyskiwane korzyści finansowe;
 - o Prognozowanie konsumpcji i generacji urządzeń jako podstawowego procesu optymalizacji.
- Interfejsu użytkownika:
 - o Możliwość kontroli i zmiany automatycznych poleceń i decyzji systemu w dowolnym momencie;
 - o Różnorodność technologii interfejsu, możliwość wyboru dowolnego interfejsu do tego samego systemu;

- Funkcjonalność związana z zakładanymi cechami „inteligentnego domu” np. automatyczny wyłącznik zasilania wszystkich urządzeń jednocześnie;
- Możliwość wydawania poleceń samokontroli urządzeniem systemu;
- Możliwość analizy kosztów i symulacji wykorzystania energii.
- Generacji – te uwarunkowania nie są bezpośrednio związane z ICT, ale są związane z automatyzacją działań prosumarów:
 - Wysoka niezawodność technologiczna urządzeń. Udział prosumarów w strategii DSI zakłada wysoki poziom automatyzacji zasobów na poziomie budynku oraz komunikację z zewnętrznymi systemami np. agregatorów. Nowe rozwiązania muszą być przynajmniej tak sprawne jak ich poprzedniki;
 - Akceptowalny poziom cen lub subsydiowanie zastosowanych rozwiązań;
 - Odpowiedni system obsługi i serwisowania zwłaszcza w przypadku stosowania bardzo złożonych rozwiązań.

Integracja zarządzania popytem w sieciach inteligentnych wymaga wymiany ogromnej ilości danych i podejmowania na ich podstawie decyzji przez różnych użytkowników systemu. Zarządzanie tak złożonym systemem wymaga kompleksowej struktury ICT. W części dotyczącej zarządzania popytem najważniejszym elementem tej infrastruktury jest zawansowany system opomiarowania.

3. Zawansowana infrastruktura opomiarowania

Zawansowana infrastruktura opomiarowania (ang. Advanced Metering Infrastructure - AMI) określana jest jako system zarządzania, pomiaru i zbierania danych poprzez zainstalowane urządzenia oraz sieć komunikacji pomiędzy klientem a dostawcą określonych usług (dostarczanie energii, gazu, wody). Struktura ta wykorzystuje jako podstawowe usługi komunikacji danych. AMI składa się z następujących elementów:

- Inteligentnych urządzeń pomiarowych zainstalowanych u klientów; z punktu widzenia architektury sieci stanowią one węzły sieci, w których zaimplementowano dwustronny system komunikacji pozwalający na prowadzenie dialogu pomiędzy użytkownikiem końcowym (lub też zainstalowanymi przez niego urządzeniami) a operatorem lub agregatorem usług.
- Sieci komunikacji pozwalającej na automatyczny transfer danych od urządzeń pomiarowych do centralnego systemu złożona z:
 - lokalnych segmentów sieci połączonych z grupą inteligentnych urządzeń pomiarowych za pomocą lokalnej bramki;
 - sieci dostępowych pomiędzy tymi bramkami a koncentratorami danych;
 - sieci typu back-haul pomiędzy koncentratorami danych a centrami danych operatorów.
- Systemu rejestracji danych i oraz systemu zarządzania po stronie operatorów. System komunikacji w sieci inteligentnej obejmuje przepływ danych poprzez różne media:
 - Poprzez sieć elektroenergetyczną (Power Line Communications – PLC). Jest to rozwiązanie korzystne z punktu widzenia operatorów spółek dystrybucyjnych albowiem nie wymaga odwołań do innych sieci a wykorzystuje już istniejącą infrastrukturę. Jedyne problemy stanowią zakłócenia fal radiowych.

- Poprzez sieć sieci przewodowe (linie telefoniczne, XDSL itp.) Najkorzystniejszym medium w tym przypadku jest światłowód. Wadą tego rozwiązania jest wysoki koszt stworzenia infrastruktury.
- Poprzez sieci bezprzewodowe (radiowe, satelitarne, systemy telefonii komórkowej). Główną zaletą tego rozwiązania jest możliwość dostępu do niemal każdego punktu. Główną wadą jest mniejsze bezpieczeństwo przesyłu danych w porównaniu z wymienionymi wyżej rozwiązaniami.

System wyboru mediów w dużym stopniu uzależniony jest od geograficznego położenia użytkowników sieci. W miejscach o wysokim stopniu urbanizacji rozwiązaniem będzie stosowanie światłowódów, natomiast w terenach wiejskich sieci bezprzewodowych, w przypadku braku infrastruktury naziemnej rekomendowane jest wykorzystywanie sieci satelitarnych.

Komunikacja pomiędzy klientem sieci a siecią inteligentną odbywa się w ramach dwóch zasadniczych tematów:

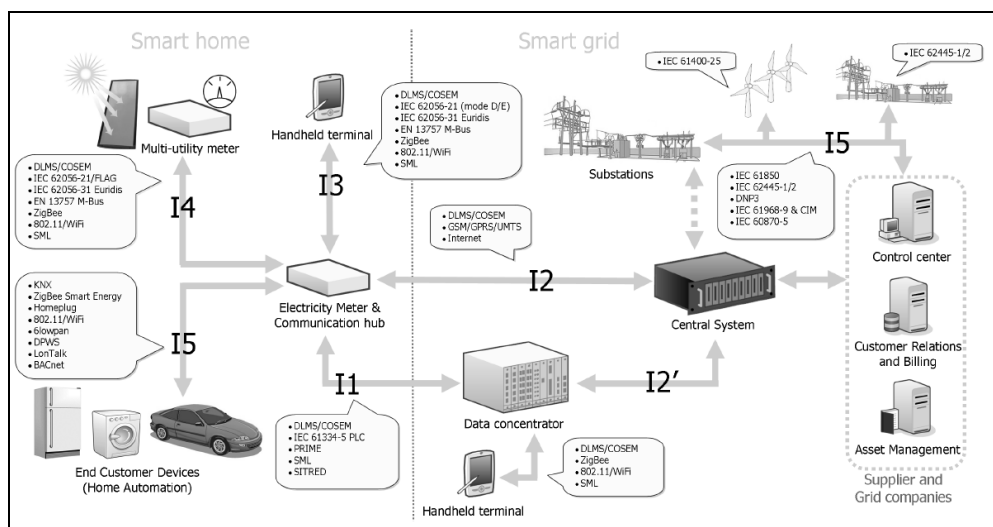
- Komunikacja w zakresie operacyjnej pracy agregatora związanej z dostarczeniem odpowiedniej ilości energii.
- Komunikacja w zakresie ustalenia ekonomicznych warunków transakcji.

System transferu danych w zakresie DSI musi pokrywać oba powyższe obszary. W zakresie standaryzacji modelu danych dla tego typu rozwiązań w rozwiązaniach europejskich wykorzystywane są definicje modeli wymiany danych zdefiniowane przez ebIX (European forum for energy Business Information Exchange).

4. Standardy architektury w inteligentnej sieci

Wiele instytucji międzynarodowych, krajowych i stowarzyszeń pracuje nad stworzeniem systemu standardów niezbędnych dla tworzenia sprawnego funkcjonowania różnych architektur w sieci systemów inteligentnych. Wśród najważniejszych wyróżnić należy [6]:

- *Framework and Roadmap for Smart Grid Interoperability* opracowany przez NIST (National Institute of Standards and Technology) prezentujący przyszłą wizję architektury oraz funkcjonujące obecnie systemy i stosowane najlepsze praktyki.
- *The Strategic Deployment Document* opracowany przez Europejską Platformę Europejskich sieci Elektroenergetycznych definiujący priorytety kierunki rozwoju i strategię dla rozwoju sieci w Europie.
- *Smart Grid Framework* opracowany przez IEC International Electrotechnical Commission zawiera szereg wytycznych, standardów i opisów wykorzystania dla generacji.
- *European Strategic Energy Technology plan (SET plan)* zawierający w opracowaniu część dotyczącą otwartych standardów, standardów bezpieczeństwa i współpracy.
- *IEEE P2030 Guide for Smart Grid Interoperability of Energy Technology and Information Technology Operation with the Electric Power System and End Use Applications and Loads* definiujący wytyczne dla współpracy w sieci oraz alternatywne rozwiązania i najlepsze praktyki w tworzeniu sieci inteligentnych.
- *Position Paper on Smart Grids* przygotowany przez ERGEG European Regulators Group for Electricity and Gas zawierający wizję europejskiego rynku i systemu systemu elektroenergetycznego.



Rys. 1. Wdrażane standardy i ich miejsce dla architektury smart grid. Źródło [5]

Wykorzystywane standardy współpracujące w całej architekturze rozważanych urządzeń pomiarowych i aplikacji w inteligentnej sieci przedstawia rys 1. Szczegółowe omówienie standardów można znaleźć w [5].

5. CIM Common Information Model

Rekomendowanym standardem dla architektury ICT w sieciach inteligentnych może zostać Common Information Model (IEC International Electrotechnical Model 61970/61968). Opracowany na potrzeby wymiany danych między systemami CIM to model danych z dziedziny energetyki podlegający ciągłym modyfikacjom zgodnie z aktualnym rozwojem technologii. Model zawiera 2 standardy IEC 61970 i IEC 61968. Mają one części wspólne takie jak słowniki, specyfikacje interfejsów oraz modele interfejsów i danych. Do modelowania systemu wykorzystywany jest UML (Unified Modelling Language). Model CIM wykorzystywany jest głównie w USA. Wykorzystanie w Europie jest w tej chwili znacznie mniejsze głównie z powodu konieczności współpracy modelu z założenia pracującego w systemie otwartym z systemami typu SCADA. Prowadzone prace i ustalenia prowadzone przez grupy projektowe prowadzą do wykorzystania tego modelu jako podstawowego elementu standaryzacji architektury sieci inteligentnych. [8]

6. Oprogramowanie dla DSI

Oprogramowania do zarządzania i monitorowania DSI ma na celu nie tylko wspomaganie prosumerów, ale też agregowanie ogromnej ilości danych napływających do systemów operatorów dystrybucyjnych. Funkcjonalność tych systemów powinna obejmować:

- System gromadzenia i przechowywania danych z urządzeń AMI,
- Integracje danych z różnych urządzeń AMI w czasie rzeczywistym w celu dostarczenia operatorowi sieci informacji o zapotrzebowaniu na energię i najbliższej generacji;

- Dostęp do danych historycznych i możliwość analizy porównawczej z bieżącym stanem efektywności DG oraz wykrywania trendów w konsumpcji energii;
- Modelowanie danych dla budowy systemów wspomaganie decyzji;
- Zarządzanie procesami biznesowymi w tym centralny system monitorowania aktywności;
- Integracja z innymi aplikacjami np. ERP czy GIS.

7. Inteligentne urządzenia pomiarowe

Biorąc pod uwagę wymaganą funkcjonalność inteligentnych urządzeń pomiarowych można je określić jako mikro lub mini komputery. Jako takie podlegają one takim samym zagrożeniom jak inne komputery podłączone do sieci, przy czym należy zauważyć, że zwykle nie są one wyposażone w żaden z systemów ochronnych (typu firewall, czy program antywirusowy), a umieszczanie w miejscach o dostępie publicznym np. w holach budynków, naraża je na łatwy atak. Zasada zachowania bezpieczeństwa i jednoczesnego łatwego dostępu jest w tym przypadku jednym z podstawowych elementów budowy systemu. Z jednej strony urządzenia muszą zapewniać integralność i dostępność danych na żądanie, z drugiej istnieje konieczność gromadzenia i przesyłania danych zgodnie z obowiązującymi przepisami prawa. Odrębnym zagadnieniem jest więc bezpieczeństwo urządzeń, aplikacji i przesyłu informacji oraz problematyka tzw. cyber security dla smart grid [7].

8. Koncepcja Usługowej Platformy Popytowej -Demand Side Oriented Service Platform

Rozwiązania ICT przyjęte dla DSI muszą być dedykowane na potrzeby użytkownika końcowego, który jest głównym uczestnikiem nowej generacji sieci inteligentnych. Użytkownicy tych sieci mogą być bardzo zróżnicowani, rozproszeni, znaczna ich liczba to tzw. „mali” użytkownicy, tzw. „więksi” użytkownicy (np. przemysłowi) zazwyczaj mieli już kontakt z uczestnictwem w zarządzaniu siecią przesyłu lub dystrybucji i korzystanie z narzędzi ICT jest dla nich normalnym działaniem. Odpowiednie narzędzia ICT poprzez agregację zasobów małych użytkowników mogą spowodować, by właśnie one stały się one głównym źródłem wysokiej efektywności energetycznej sieci.

Drobni użytkownicy zwykle nie mają doświadczeń w zarządzaniu siecią, mogą też mieć obawy przed stosowaniem nowych rozwiązań. Proponowane rozwiązania muszą więc być proste, elastyczne atrakcyjne zrozumiałe dla wszystkich typów użytkowników.

Wymiana informacji pomiędzy zainteresowanymi stronami (tj. DSO, agregatorami i użytkownikami końcowymi) jest realizowana na zasadzie wymiany usług na zliberalizowanych rynkach w ramach określonych przepisów prawnych.

Na rynku już dostępne są już rozwiązania ICT do wspomaganie różnych funkcjonalności inteligentnych sieci takich jak: zaawansowane narzędzia zarządzania siecią, narzędzia kontroli napięcia, minimalizacji strat, diagnostyki i naprawy sieci, czy prognozowania. W celu efektywnej integracji i koordynacji użytkowników i wymienionych narzędzi niezbędne jest stworzenie odpowiedniej platformy. Platforma ta powinna być obszarem, który łączy standardy, ramy regulacyjne, sugerowane najlepsze praktyki, architektury referencyjne dla ICT oraz standardowe interfejsy urządzeń. Powinna ona spełniać pewne określone funkcje:

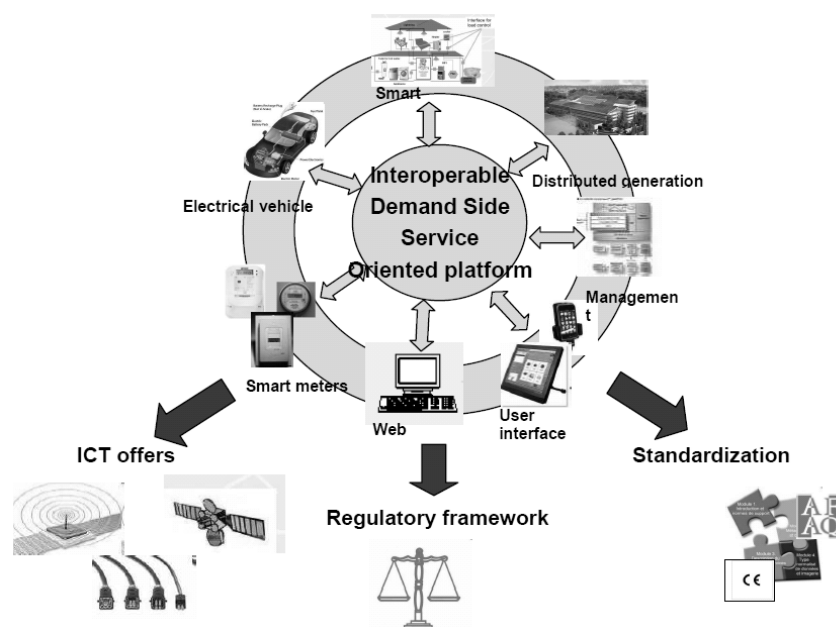
- Łatwe i nawet przejrzyste korzystanie z urządzeń pro-aktywnych użytkowników końcowych (na przykład poprzez inteligentne mierniki, czy energetyczne skrzynki przyłączeniowe);

- Dostarczanie innowacyjnych, wyższego poziomu informacji do użytkownika końcowego oraz do innych podmiotów (np. poprzez serwisy WWW usług);
- Zapewnienie połączenie pomiędzy urządzeniami prosumerów: rozproszonych małych generatorów rozmiar, magazynów energii (poprzez dwukierunkowe inteligentne urządzenia pomiarowe, standardowe moduły sterowania);
- Przygotowanie interfejsu do obsługi elektrycznych pojazdów;
- Wspomaganie wymiany usług pomiędzy siecią i prosumerami bezpośrednio lub za pośrednictwem agregatorów.

Platforma ta różni się od typowych platform WWW. Podobnie jak inne platformy ma za zadanie łączenie różnych użytkowników dużego kompleksowego systemu, ale jednocześnie musi odpowiadać na kluczowe problemy systemu elektroenergetycznego uwzględniać strategiczne aspekty systemu dostaw energii elektrycznej i infrastruktury z uwzględnieniem problemów ochrony środowiska. Głównym celem platformy jest koordynacja wymiany usług pomiędzy różnymi udziałowcami systemu oraz stworzenie interfejsu dla współpracy poszczególnych komponentów w tym:

- elementów elektrycznych (komputery domowe, elektryczne domowe urządzenia automatyczne, małe urządzenia przemysłowe), urządzeń zainstalowanych w budynkach (systemy grzewcze, klimatyzacja, podgrzewacze wody, oświetlenia), pojazdów elektrycznych, rozproszonych generatorów i urządzeń do magazynowania energii;
- narzędzi przemysłowych innych podmiotów: AMI wraz z inteligentnymi platformami oprogramowania dla podmiotów gospodarczych, systemów SCADA.

Koncepcje takich platform najczęściej tworzone są w oparciu o SOA (Service Oriented Architecture) i systemy agentowe. Do zarządzania systemem rekomendowany jest mechanizm SLA (Service Level Agreement). Opracowane projekty platform funkcjonują już na rynku amerykańskim i japońskim. Koncepcję platformy opracowaną przez projekt SEESGEN-ICT przedstawia rysunek 2.



Rys. 2. Koncepcja Demand Side oriented Service Platform. Źródło [4]

9. Wnioski

Klasyczne systemy SCADA są tworzone do zarządzania i monitorowania przepływów energii w systemie elektroenergetycznym. Do zarządzania siecią inteligentną niezbędne są dodatkowe systemy wspierające zarządanie przepływem informacji i wspomagające prosumatorów w podejmowanych decyzjach.

Możliwość redukcji rachunków płaconych z tytułu użytkowania energii elektrycznej jest podstawą do zachęcenia małych klientów do udziału w rynku energii. Udział ten odbywać się może poprzez odpowiednie systemy ICT.

Rozwiązania ICT w sterowaniu zachowaniem klienta w inteligentnych sieciach wymagają korzystania z wielu różnych technologii i urządzeń wielu producentów. Ogromna ilość danych, duża różnorodność dostępnych narzędzi oraz stosowanych technologii wpływa na wysoki stopień złożoności interakcji pomiędzy użytkownikami systemu sieci elektroenergetycznej. Czynnikiem decydującym o szeroko pojętej interoperacyjności systemów jest wypracowanie i zastosowanie międzynarodowego systemu standaryzacji.

Ze względu na kompleksową naturę inteligentnych sieci rozwój narzędzi ICT napotka na szereg barier natury finansowej, legislacyjnej. Do najistotniejszych barier rozwoju aplikacji ICT należą bariery związane z grupami zagadnień dotyczących [2]:

1. Wykorzystania cech kanałów komunikacyjnych:
 - Przepustowość łączy;
 - Latencja – dopuszczalne opóźnienia przesyłania danych;
 - Zależność rozwiązania od kanału komunikacyjnego (dostępność i niezawodność kanału komunikacyjnego);
 - Elastyczność przyjętej technologii komunikacyjnej przy ekspansji nowych aplikacji i zmiany fizycznego położenia elementów sprzętowych;
 - Bezpieczeństwo przesyłanych danych zarówno w sieci jak i odporność na ataki samych urządzeń;
 - Skalowalność rozwiązań.
2. Standardów stosowanych w konkretnych kanałach komunikacyjnych i konkretnych aplikacjach, zwłaszcza przy uwzględnieniu różnorodności stosowanego sprzętu. Jest to jeden z najistotniejszych czynników rozwoju nowych technologii zapewniających niezależność sprzętowo-programową.
3. Niezależności systemu elektroenergetycznego od aplikacji i urządzeń ICT oraz wpływ awarii jednego systemu na drugi. Przy długim okresie eksploatacji należy brać pod uwagę również cykl życia sprzętu elektronicznego, który jest znacznie krótszy niż czas eksploatacji urządzeń sieci.
4. Wyboru centralnego, rozproszonego lub koordynowanego sposobu zarządzania aplikacją.
5. Przystosowania systemów SCADA do zarządzania siecią rozproszonymi źródłami energii i przygotowanie mechanizmów pozwalających na opomiarowanie w czasie rzeczywistym.
6. Rozwoju i dostępności urządzeń do zarządzania siecią niskiego napięcia.
7. Brak możliwości testowania przyjętych rozwiązań sprzętowo-aplikacyjnych w warunkach normalnego działania sieci elektroenergetycznych. Proces symulacji jest wystarczająco wiarygodny w przypadku testowania rozwiązań na małej skali.
8. Kosztem przyjętych rozwiązań.

Literatura

1. Matusiak B. E., Pamuła A., Zieliński J. S.: (2010) Technologiczne i inne bariery dla wdrażania OZE i tworzenia nowych modeli biznesowych na krajowym rynku energii, PE Wisła, Rynek Energii nr.4 2010, 31-35.
2. Matusiak B. E., Pamuła A.: Barriers to DER Aggregation Business Related to Different ICT Tools –Two European Countries Review, konferencja ISIM Warszawa 2010
3. Matusiak B. E., Pamuła A., Zieliński J. S.: Inteligentne sieci rozdzielcze i energetyka odnawialna, materiały konferencji zarządzanie informacją i energią w systemie bezpieczeństwa unii europejskiej, Józefów 2010, w druku.
4. SEESGEN-ICT – Supporting Energy Efficiency in Smart GENERation grids through ICT. EU 2009-2011. Materials and deliverables <http://seesgen-ict.erse-web.it/download/Publications-and-results.asp>.
5. De Craemer K., Deconinck G.: “Analysis of state-of-the-art smart metering communication standards,” IEEE Benelux Young Researchers Symposium 2010 in Electrical Power Engineering, Leuven, Belgium, March 29-30, 2010; 6 pages.
6. Zerbst J., Schaefer M., Rinta-Jouppi I., Zone principles as Cyber Security Architecture Element for Smart Grids, IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Europe, October 2010, Gothenburg, Sweden.
7. Karisny L., Smart Grid Security: Ground Zero for Cyber Security, dostępne <http://www.muniwireless.com/2010/06/02/smart-grid-security-ground-zero-for-cyber-security/>
8. Uslar. M, Rohjans S., Specht M. Vaquez J.M.G.: What is the CIM lacking? IEEE PES Conference on Innovative Smart Grid Technologies Europe, October 2010, Gothenburg, Sweden.
9. Energetyka wiatrowa w Polsce Raport listopad 2010, dostępne http://www.paiz.gov.pl/20101126/energetyka_wiatrowa_raport

Prof. dr hab. inż. Jerzy S. ZIELIŃSKI
Dr Bożena MATUSIAK
Dr Anna PAMUŁA
Katedra Informatyki
Wydział Zarządzania
Uniwersytet Łódzki
90-237 Łódź, ul. Matejki 22/26
tel./fax.: (42) 635 50 45
e-mail: jszielinski@wzmail.uni.lodz.pl
bmatusiak@wzmail.uni.lodz.pl
apamula@wzmail.uni.lodz.pl