

Adam Minkowski¹, Ariel Oleksiak², Michał Witkowski²

¹Uniwersytet Ekonomiczny w Poznaniu, Wydział Ekonomii, Katedra Pracy i Polityki Społecznej

²Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe¹

Autor do korespondencji: Adam Minkowski, minkowski@man.poznan.pl

MONITOROWANIE I ZARZĄDZANIE ZUŻYCIEM ENERGII PRZEZ KOMPUTERY ORAZ URZĄDZENIA W INFRASTRUKTURZE ADMINISTRACJI SAMORZĄDOWEJ PRZY UŻYCIU SYSTEMU GICOMP

Streszczenie: Według badań National Energy Foundation średnio około 20–30% komputerów biurowych pozostaje włączonych po godzinach pracy. Dodatkowo większość komputerów nie ma włączonej opcji zarządzania energią pozwalającej na wstrzymanie poszczególnych elementów lub całego komputera podczas nieaktywności użytkownika. Dlatego spójna kontrola strategii zarządzania komputerami i innymi urządzeniami w biurach może prowadzić do znacznych oszczędności energii elektrycznej. W celu zdalnego monitorowania i kontroli zużycia energii w sieciowych heterogenicznych systemach komputerowych powstał system GICOMP (*Green IT Control and Management Platform*). System umożliwia zintegrowane zarządzanie komputerami i urządzeniami w rozproszonych lokalizacjach połączonych siecią. Artykuł przedstawia system GICOMP oraz jego zalety na przykładzie pilotażowego wdrożenia w jednym z samorządów lokalnych: Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim.

¹ Poznańskie Centrum Superkomputerowo-Sieciowe (PCSS) afiliowane przy Instytucie Chemii Bioorganicznej PAN działa od 1993 roku z misją: „Integracja i rozwój infrastruktury informatycznej nauki”. Jest liderem wprowadzania innowacyjnych technologii sieciowych w krajowej naukowej sieci POL-34/155/622, obecnie w sieci PIONIER – Polski Internet Optyczny. Ważnym obszarem działań PCSS jest projektowanie i wdrażanie nowych usług dla społeczeństwa. Zaawansowana infrastruktura informatyczna umożliwia podejmowanie nowych wyzwań i realizacji usług opartych na technologiach internetowych. Usługi te są świadczone w ramach projektów badawczo-rozwojowych oraz projektów celowych ze środków krajowych i zagranicznych we współpracy z podmiotami publicznymi. Ważnym aspektem tych projektów jest praktyczne wdrożenie uzyskanych wyników w postaci w pełni funkcjonalnych usług w instytucjach współpracujących z PCSS w ich tworzeniu.

Słowa kluczowe: zarządzanie energią, oszczędzanie energii, systemy rozproszone, administracja publiczna rządowa i samorządowa.

Klasyfikacja JEL: E01, E20.

Wstęp

Rosnące ceny energii elektrycznej oraz coraz większa liczba komputerów wykorzystywanych w codziennej pracy zawodowej i życiu prywatnym spowodowały, że całkowite zużycie energii przez infrastrukturę informatyczną jest porównywalne z zapotrzebowaniem całego przemysłu lotniczego i wynosi około 2% całkowitego zużycia energii [SMART 2020]. Z tego względu w ostatnich latach można zaobserwować rosnącą świadomość dotyczącą ilości zużywanej energii przez użytkowników oraz coraz więcej wysiłków prowadzących do jej ograniczenia.

W środowisku biurowym około 20–30% komputerów pozostaje włączonych po godzinach pracy [National Energy Foundation]. Nowoczesne systemy komputerowe cechują się znaczącym zużyciem energii elektrycznej. Komputery osobiste potrafią pobierać 80–100 W, a serwery nawet 300 W. Natomiast bezczynny monitor LCD pobiera 20–30 W. Popularne systemy operacyjne są wyposażone w zaawansowane mechanizmy oszczędzania energii w trakcie spoczynku, jak parkowanie dysków czy zmniejszanie częstotliwości procesorów, jednakże nie odnoszą się one do głównego źródła marnotrawstwa: faktu, że komputer jest włączony. Obecne komputery, oprócz włączenia i wyłączenia, posiadają dodatkowe stany zasilania: wstrzymanie do pamięci i hibernacja. Pozwalają one na znaczące oszczędności (zaledwie kilka watów przy wstrzymaniu do pamięci). Niestety, jak wynika z badań, większość komputerów nie ma włączonej opcji zarządzania energią pozwalającej na pełne wykorzystanie powyższych mechanizmów.

Ze względu na przytoczone przyzwyczajenia użytkowników oraz znaczną liczbę przerw w pracy w biurach zdefiniowanie nawet prostych strategii zarządzania energią może prowadzić do oszczędności sięgających ponad 30% zużytej energii. Strategie mogą obejmować m.in.: wyłączanie monitorów podczas krótkich przerw w pracy (1–5 min), wstrzymywanie komputerów podczas dłuższych przerw (powyżej 5 min), wyłączanie komputerów po godzinach pracy, włączanie komputerów zgodnie z harmonogramem (aktualizacji i archiwizacji lub preferencji użytkowników, np. godzin przyścia do pracy). Osiągnięcie wspomnianych oszczędności wymaga jednak konsekwentnego stosowania przyjętych strategii oraz szczegółowego monitorowania zużycia energii. Pewne kroki w tym kierunku zostały podjęte zarówno przez komercyjne firmy, jak i ośrodki akademickie na całym świecie [Google Power Meter; AlertMe Smart; GREEN-NET Project; *The Monitoring*]. Z drugiej strony jest coraz większa świadomość samorządowców

w zakresie oszczędzania energii elektrycznej oraz otwartość na wdrażanie innowacyjnych systemów służących rozwojowi lokalnemu. W tym celu powstał również system GICOMP (*Green IT Control and Measurement Platform*) opracowany przez PCSS, który umożliwia łatwe i scentralizowane zarządzanie sieciami komputerów znajdujących się nawet w odległych (rozproszonych geograficznie) miejscach oraz pracującymi pod kontrolą różnych systemów operacyjnych.

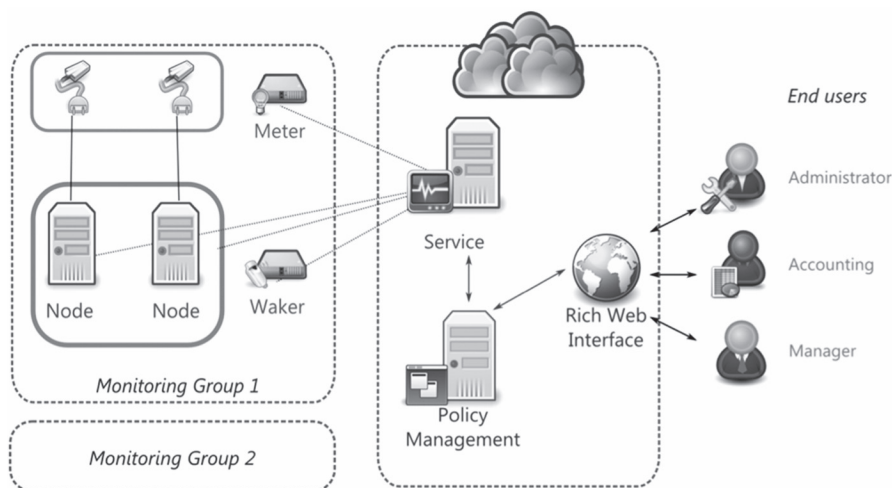
1. System GICOMP

Celem systemu GICOMP jest zintegrowanie mechanizmów oszczędzania energii dostępnych w systemach operacyjnych i uzupełnienie ich o mechanizmy wstrzymywania/wyłączania komputerów według zdefiniowanych harmonogramów. Dodatkowo system dostarcza informacji o poborze energii zarówno dzięki oszacowaniu na podstawie obciążenia komputera, jak i poprzez integrację z systemami pomiarowymi, takimi jak np. inteligentne listwy zasilające. GICOMP integruje rozwiązania znajdujące się na różnych poziomach i w różnych miejscach systemu komputerowego w celu przedstawienia jednorodnego interfejsu. Czyni on to jednocześnie w sposób neutralny z punktu widzenia topologii sieciowej, co oznacza brak problemów związanych konfiguracją zapór ogniowych (*firewalls*).

GICOMP działa na platformie komunikacyjnej zbudowanej przez PCSS, która wykorzystuje protokół *eXtensible Message and Presence Protocol* (XMPP) [Saint-Andre]. Jest to powszechnie znany standard wykorzystywany głównie jako narzędzie komunikacji internetowej (*Instant Messaging*), w usługach takich jak: Google Talk, Facebook Chat czy Tlen [Jabber.org 2011; Google Talk 2011]. Główną zaletą tego protokołu jest to, że zapewnia on dwukierunkowy kanał komunikacyjny, niezależnie od umiejscowienia użytkownika (np. za zaporą ogniową). Oprócz tego jego zalety to wysoka skalowalność i bezpieczeństwo (oparte na certyfikatach). Ponieważ protokół ten oparty jest na strumieniach XML, łatwo jest go rozszerzać.

Architektura systemu jest przedstawiona na rysunku 1. Komputery są łączone w podgrupy, które mogą być razem wybudzane i monitorowane. Węzły *Meter* zbierają dane z dedykowanych mierników. Połączenia pomiędzy usługą *Service* a węzłami odbywają się po publicznej sieci internet.

Zarządzaniem odpowiednimi politykami oszczędzania energii zajmuje się moduł zarządcy polityki systemu GICOMP. Jest on odpowiedzialny za definiowanie polityki oszczędzania energii, czyli: ustawienie czasu nieaktywności użytkownika niezbędnej do wygaszenia monitora, ustawienie czasu do wstrzymania systemu, wyłączenia itd. Powyższe funkcje działają niezależnie od używanego systemu operacyjnego. Ponadto umożliwia on włączanie, hibernację, wstrzymywanie oraz wybudzanie maszyn. Możliwe jest wykonywanie operacji na grupach



Rysunek 1. Architektura systemu GICOMP

maszyn, a także zlecenie operacji na podstawie zdefiniowanego harmonogramu. Bogaty interfejs użytkownika umożliwia sprawne definiowanie polityki oszczędzania energii oraz analizę zużycia energii przez komputery zarówno dla administratorów, jak i kierowników lub decydentów.

Wykorzystując system GICOMP, administrator może kontrolować komputery znajdujące się w różnych lokalizacjach (np. oddziałach firmy). Dzięki wykorzystaniu protokołu XMPP różne komponenty systemu mogą się znajdować w odległych sieciach lub w chmurze. Scentralizowane zarządzanie oszczędzaniem energii pozwala na wymuszenie stosowania polityki oszczędzania energii dostępnej w systemach operacyjnych (np. czas, po którym następuje wstrzymanie monitora i komputera, zdalne wyłączenie/włączenie/wstrzymanie maszyny) i ujednolicenia jej w całej sieci komputerowej. System jest heterogeniczny, co oznacza że udostępnia te funkcjonalności niezależnie od systemów operacyjnych zainstalowanych na komputerach (Windows, Linux i Mac OS X). Dzięki systemowi harmonogramów możliwe jest ustawienie czasów wyłączenia maszyn po godzinach pracy lub nawet włączania/wyłączania ich w specyficznych porach nocnych, np. w celu przeprowadzenia aktualizacji. Użytkownik za pomocą łatwego w użyciu interfejsu graficznego ma dostęp do bogatych statystyk poboru mocy dla każdego z komputerów, korzystając z odpowiedniego sprzętu pomiarowego lub metod szacowania.

Koncepcja systemu GICOMP obejmuje kontrolę nie tylko komputerów, ale również innych urządzeń odpowiedzialnych za zużycie energii w biurach i gospodarstwach domowych. W skład tych urządzeń wchodzi przede wszystkim oświetlenie, klimatyzacja, drukarki, urządzenia AGD itd. Kontrola tych urządzeń

wymaga jednak zastosowania specjalnych mierników energii elektrycznej udostępniających pomiary poprzez sieć oraz umożliwiających sterowanie dopływem prądu. Jednym z takich urządzeń jest opracowane w ramach PCSS bezprzewodowe gniazdko elektryczne, umożliwiające włączanie/wyłączanie urządzeń z sieci elektrycznej oraz pomiar różnych parametrów prądu, w tym poboru mocy. W przypadku wersji przeznaczonych do sterowania oświetleniem gniazdko są wyposażone w ściemniacze umożliwiające zdalną kontrolę jasności oświetlenia. Bezprzewodowa komunikacja gniazdko jest zgodna z popularnym standardem komunikacji dla *smart homes* ZigBee [Zigbee Alliance 2005]. Umożliwia on łączenie urządzeń w zabezpieczone kryptograficznie sieci typu *mesh* na odległość do 75 m.

2. Pilotażowe wdrożenie

System GICOMP został pilotażowo wdrożony w Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim w wyniku zawartego wcześniej porozumienia². Wdrożenie objęło kilkanaście komputerów o różnej charakterystyce energetycznej w kilku działach urzędu. Ze względu na różnice w czasie zakupów zestaw komputerów objęty wdrożeniem zawiera sześć generacji sprzętu komputerowego różniących się zużyciem energii. Minimalny i maksymalny pobór mocy (w zależności od obciążenia) poszczególnych typów komputerów w urzędzie przedstawia poniższa tabela.

Pobór mocy przez komputery według typów wykorzystywanych w Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim (według stanu na dzień 30.06.2010)

Wyszczególnienie		
grupa komputerów	minimalny pobór mocy (W)	maksymalny pobór mocy (W)
Dowody	62	83
Inwestycje	65	95
Księgowość	74	125
Promocje	44	75
UGN	54	96
Wieś	65	105

Źródło: Opracowano na podstawie pomiarów dokonanych w Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim.

² Porozumienie zostało zawarte 30 marca 2010 roku pomiędzy Poznańskim Centrum Superkomputerowo-Sieciowym a Urzędem Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim w sprawie współpracy w zakresie wdrażania idei i zaawansowanych usług sieciowych dla Społeczeństwa Informacyjnego na terenie gminy Grodzisk Wielkopolski.

Minimalny pobór mocy oznacza pobór mocy przez aktywny komputer z obciążeniem procesora wynoszącym 0%, podczas gdy maksymalny był mierzony dla obciążenia 100%. Oczywiście pobór mocy w innych stanach, takich jak np. wstrzymanie komputera do pamięci (*suspend to RAM*), jest znacznie niższy i nie przekracza kilku watów. Całkowite zużycie energii przez komputer obejmuje również koszt energetyczny monitora (dodatkowo 20–30 W).

Konfiguracja systemu objęła pomiar poboru mocy poszczególnych typów komputerów przy zainstalowaniu programu monitorującego. Dzięki zainstalowaniu wszystkich usług w PCSS pracownicy urzędu nie muszą się zajmować administracją i konfiguracją systemu. Wdrożenie systemu GICOMP umożliwiło administratorowi infrastruktury informatycznej w urzędzie ciągły dostęp do informacji o zarówno bieżącym, jak i historycznym zużyciu energii przez poszczególne komputery oraz ich grupy. Administrator ma również możliwość zdalnego definiowania strategii zarządzania energią dla wszystkich komputerów urzędu oraz zmiany ich stanu. Wszystkie te funkcje są dostępne za pomocą przyjaznego interfejsu WWW. Na rysunku 2 jest przedstawiony wykres zużycia energii przez grupę komputerów w ciągu jednego dnia pracy urzędu. Oprócz zużycia energii przez poszczególne komputery administrator może kontrolować ich status (obecność w sieci, poprawność działania systemu, stan) oraz pobrać informację o ich konfiguracji.

Ze względu na pilotażowy charakter wdrożenia testowane są różne warianty polityki oszczędzania energii, sprawdzana jest niezawodność systemu oraz jego



Rysunek 2. Monitorowanie energii używanej przez komputery w sieci za pomocą interfejsu użytkownika systemu GICOMP (według stanu na dzień 30.08.2010)

Źródło: Opracowano na podstawie pomiarów dokonanych w infrastrukturze sieci PIONIER

wpływ na pracę użytkowników komputerów. Aktualna konfiguracja zakłada następujące ustawienia:

- wyłączenie monitora po 10 min (oszczędność rzędu 20–30 W w zależności od monitora),
- wstrzymanie komputera po 20 min (ograniczenie poboru mocy do mniej niż 5 W).

Jest to konfiguracja „bezpieczna” gdyż komputery są gotowe do pracy natychmiast po pojawieniu się użytkownika i ograniczone zostało ryzyko dotyczące problemów z „wybudzeniem” komputera lub utratą wyników pracy ze względu na automatyczne wyłączenie komputera. Planowane są dalsze testy z bardziej energooszczędną polityką zakładającą krótsze czasy nieaktywności użytkownika przed wyłączeniem monitora i wstrzymaniem komputera, a także automatyczne wyłączanie komputerów po godzinach pracy i w weekendy.

Kolejne kroki obejmują również instalację licznika energii w celu weryfikacji oszczędności oraz objęcie kontrolą wszystkich (kilkudziesięciu) komputerów w urzędzie. Docelowo ma to umożliwić porównanie rachunków elektrycznych za odpowiadające okresy roku. Dalsze plany zakładają wdrożenie systemu w środowisku o znacząco większej liczbie komputerów.

3. Zalety systemu oraz korzyści dla administracji samorządowej

Aktywne kontrolowanie zużycia energii przez komputery i inne urządzenia w publicznych budynkach, takich jak urzędy, biura, szkoły oraz szpitale, może przynieść wymierne korzyści ekonomiczne, jeśli weźmie się pod uwagę odpowiednio długi czas pracy systemu oraz skalę wdrożenia. Nawet dla stosunkowo małych wdrożeń, takich jak w urzędzie miasta, zastosowanie systemu kontroli zużycia energii jest opłacalne ze względu na brak potrzeby nakładów finansowych (inwestycja w infrastrukturę byłaby konieczna tylko w przypadku instalacji dodatkowych mierników i kontroli innych urządzeń niż komputery).

W celu analizy potencjalnych oszczędności wynikających z wdrożenia systemu kontroli zużycia energii w sieciach komputerów biurowych przyjęto następujące założenia. Polityka oszczędzania energii zakłada wyłączenie monitorów przy krótkich przerwach w pracy (ok. 5 min), wstrzymywanie komputerów przy dłuższych przerwach (powyżej 5 min), wyłączanie komputerów po godzinach pracy. Oczywiście, wykorzystując system GICOMP, możliwe jest włączanie komputerów zgodnie z harmonogramem aktualizacji i tworzenia kopii zapasowych oraz preferencji użytkowników (np. godziny przyścia do pracy).

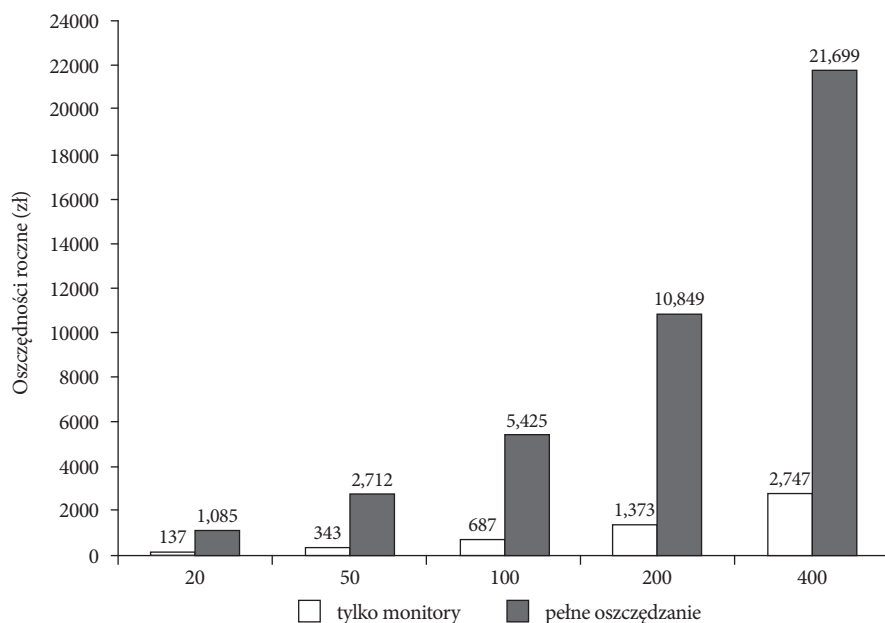
Do przykładowego oszacowania potencjalnych oszczędności przyjęto, że jeden komputer pobiera 105 W, a monitor LCD 25 W. Zgodnie z opracowaniami

[National Energy Foundation] przyjęto również, że 30% użytkowników nie wyłącza komputerów na noc, a 10% nie wyłącza go na weekendy. Dodatkowo, średnio każdy użytkownik robi dwie długie przerwy i pięć krótkich przerw w ciągu dnia.

Przy powyższych założeniach potencjalne oszczędności w skali roku w zależności od liczby komputerów wynikające z zastosowania systemu kontroli zużycia energii przedstawia rysunek 3. Jak widać, dla większej liczby komputerów (powyżej 50–100) możliwe jest uzyskanie znacznych oszczędności uzasadniających wysiłek włożony w przeprowadzenie wdrożenia, a nawet potencjalne inwestycje w infrastrukturę (np. dodatkowe komputery na usługi systemu, mierniki).

Mając na uwadze to, że jednostki samorządu terytorialnego wymieniają sprzęt komputerowy na nowy, mający coraz większe zapotrzebowanie energetyczne, realne staje się wdrożenie oszczędności w innych urządzeniach.

W czasie przeprowadzonych badań ankietowych policzono, że we wszystkich 226 urządzeniach gmin województwa wielkopolskiego zatrudnionych było 7914 osób, które pracowały na 7509 komputerach. Na jeden urząd przypadały 34 komputery, a na jednego pracownika 0,95 komputera. Wartości te były wyższe od średniej dla Polski, gdzie przeciętnie wykorzystywanych było 30 komputerów, a na jednego zatrudnionego przypadało 0,8 komputera [Raport generalny 2008].



Rysunek 3. Oszacowanie oszczędności rocznych dla różnej liczby komputerów stosując system GICOMP

Źródło: Opracowano na podstawie pomiarów dokonanych w infrastrukturze sieci PIONIER

Od wielkości i typu gminy zależała liczba komputerów użytkowanych w poszczególnych urzędach (80% gmin miejskich posiadało w urzędzie ponad 40 komputerów, w gminach miejsko-wiejskich ten poziom przekroczyło 30% gmin, a w wiejskich niespełna 8%). Struktura wieku komputerów wykorzystywanych w urzędach nie była zbyt mocno zróżnicowana, ponieważ dominował sprzęt w wieku od 2 do 4 lat. Komputery w wieku do 2 lat, które można uznać za nowoczesne, stanowiły 33%, a komputery stare, powyżej 4 lat, stanowiły 27%. W Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim pracowało 56 osób mających do dyspozycji 60 komputerów (do 2 lat – 40, od 2 do 4 lat – 20), planowano również zakup nowych. Największą ich liczbą dysponował Poznań – 1555, a następnie Kalisz – 380, Konin – 315 oraz Leszno – 217. Liczba komputerów przypadających na jednego pracownika urzędu była w miastach na prawach powiatu zdecydowanie wyższa niż w gminach województwa wielkopolskiego (według stanu na dzień 31.12.2007).

Gmina w Grodzisku Wielkopolskim należy do aktywniejszych w województwie wielkopolskim w zakresie wdrażania technologii teleinformatycznych. W powyższym badaniu została sklasyfikowana w grupie gmin o wysokim poziomie rozwoju elektronicznej administracji (wskaźnik syntetyczny 0,637) [Minkowski, Motek i Perdał 2009, s. 46].

Zakończenie

W artykule przedstawiono system GICOMP i jego zastosowanie do kontroli zużycia energii przez komputery w Urzędzie Miasta i Gminy w Grodzisku Wielkopolskim. Wstępne testy systemu, jak i przeprowadzana analiza pokazują, że może on prowadzić do znacznych rocznych oszczędności dla urzędów z gmin miejskich i częściowo miejsko-wiejskich, które posiadają większą liczbę komputerów (powyżej kilkudziesięciu). Jednak największe oszczędności można uzyskać w dużych urzędach miast na prawach powiatu: Poznań, Kalisz, Konin i Leszno. Biorąc pod uwagę, że w Polsce mamy 2479 gmin (1576 gmin wiejskich, 597 gmin miejsko-wiejskich, 306 gmin miejskich) i 314 starostw powiatowych oraz 65 miast na prawach powiatu, oszczędności w skali kraju mogą się okazać bardzo znaczące³. Oprócz samych urzędów odbiorcami tego systemu mogą być liczne jednostki organizacyjne podległe samorządowi terytorialnemu. Kolejnym potencjalnym obszarem wdrożeniowym mogą się stać urzędy administracji rządowej: centralnej i terenowej.

³ W województwie wielkopolskim gminy wiejskie stanowią 52% (117 gmin), miejsko-wiejskie 40% (90), a miejskie 8% (19).

Co ważne, system GICOMP nie wymaga dodatkowych inwestycji w infrastrukturę dzięki oprogramowaniu szacującemu zużycie energii przez komputery oraz umieszczeniu usług systemu w chmurze – na serwerach PCSS. Dzięki scentralizowanemu dostępowi do systemu administrator może w łatwy sposób monitorować zużycie energii przez wszystkie komputery i ich grupy oraz ustawiać odpowiednie polityki zarządzania. Może to okazać się szczególnie przydatne dla gmin wiejskich posiadających często słabszą infrastrukturę teleinformatyczną i deficyt osób odpowiedzialnych za sprawy informatyki.

System może być rozszerzony o kontrolę urządzeń innych niż komputery. W tym celu został opracowany prototyp gniazdka elektrycznego wyposażonego w radiowy interfejs komunikacyjny ZigBee. Wykorzystując te gniazdka, system jest w stanie dokładnie monitorować zużycie energii przez punkty świetlne, drukarki itd., co więcej, możliwe jest również ich zdalne wyłączanie i włączanie. Urządzenia pomiarowe w wersji prototypowej mają oczywiście ograniczone możliwości szerszych zastosowań ze względu na ich cenę. W przypadku wdrożenia wspomnianych gniazdek do produkcji na szeroką skalę cena pojedynczej jednostki może wynosić 50–100 zł. Sytuacja może ulec jeszcze większej poprawie wraz z pojawianiem się platform, takich jak np. Anroid@Home, firmy Google, która ma służyć rozszerzeniu możliwości komórek i tabletów wyposażonych w system operacyjny Android o funkcje sterowania urządzeniami domowymi. Choć nie jest ona standardowa tak jak ZigBee, to niski koszt urządzeń transmisyjnych, dostępność referencyjnych implementacji oraz brak opłat może spowodować znaczące zainteresowanie producentów urządzeń konsumenckich do włączenia się w tę inicjatywę. Na koniec 2011 roku zapowiedziano pojawienie się inteligentnych żarówek o mocy 60 W wykorzystujących łączność bezprzewodową Android@Home. Upowszechnienie się tej platformy lub innych podobnych rozwiązań pozwoli na jeszcze bardziej kompleksowe monitorowanie i kontrolę poboru energii elektrycznej w biurach urzędów administracji publicznej z zastosowaniem systemu GICOMP.

Bibliografia

- Advanced Configuration and Power Interface Specification*, Hewlett-Packard Corporation Intel Corporation Microsoft Corporation Phoenix Technologies Ltd. Toshiba Corporation Std., 2009, <http://www.acpi.info/spec.htm> [dostęp: 01.09.2011].
- AlertMe Smart, Energ, 2011, <http://www.alertme.com> [dostęp: 01.09.2011].
- ARM Ltd., ARM Processor Core Overview, 2008.
- Bray, T. i in., 2000, *Extensible markup language (XML) 1.0*, W3C recommendation, vol. 6.
- CompuGreen, LLC, "The Green500 List", 2011, <http://www.green500.org/> [dostęp: 01.09.2011].
- ENERGY STAR Program Requirements for Computers*, U.S. EPA Std., 2009, <http://www.energystar.gov> [dostęp: 01.09.2011].

- Fielding, R., 2000, *Representational State Transfer (REST)*, chapter 5 in *Architectural Styles and the Design of Networkbased Software Architectures*, Ph.D. dissertation, Ph. D. Thesis, University of California, Irvine, CA, 2000.
- Google PowerMeter, <http://www.google.org/powermeter> [dostęp: 01.09.2011].
- Google Talk, <http://www.google.com/talk> [dostęp: 01.09.2011].
- GREEN-NET Project, INRIA, 2011 <http://www.ens-lyon.fr/LIP/RESO/Projects/GREEN-NET> [dostęp: 01.09.2011].
- Intelligent Platform Management Interface Second Generation Specification*, Intel Corporation, Hewlett-Packard Company, NEC Corporation, Dell Inc. Std. <http://www.intel.com/design/servers/ipmi/spec.htm> [dostęp: 01.09.2011].
- Jabber.org., 2011, <http://www.jabber.org/> [dostęp: 01.09.2011].
- Minkowski, A., Motek, P., Perdał, R., 2009, *Poziom zaawansowania wielkopolskich urzędów gmin w zakresie informatyzacji i rozwoju elektronicznych usług publicznych*, Wydawnictwo M-Druk, Poznań.
- Myers, J., *Simple Authentication and Security Layer (SASL)*, RFC 2222 (Proposed Standard), Internet Engineering Task Force, Oct. 1997, obsoleted by RFCs 4422, 4752, updated by RFC 2444, <http://www.ietf.org/rfc/rfc2222.txt> [dostęp: 01.09.2011].
- National Energy Foundation (PC Energy Report, UK NEF). www.nef.org.uk/news-events/documents/1e_report.pdf [dostęp: 01.09.2011].
- Oliveira, J., Wake on Lan mini-HOWTO. <http://gsd.di.uminho.pt/jpo/software/wakeonlan/mini-howto/> [dostęp: 01.09.2011].
- Pidgin, 2011, <http://pidgin.im> [dostęp: 01.09.2011].
- Raport generalny z badań ilościowych dla Ministerstwa Spraw Wewnętrznych i Administracji*, 2008, *Stopień informatyzacji urzędów w Polsce*, Wydawnictwo ARC Rynek i Opinia, Warszawa.
- Saint-Andre, P., *Extensible Messaging and Presence Protocol (XMPP): Core*, RFC 3920 (Proposed Standard), Internet Engineering Task Force, Oct. 2004. <http://www.ietf.org/rfc/rfc3920.txt> [dostęp: 01.09.2011].
- SMART 2020 Report, *Enabling the Low Carbon Economy in the Information Age*, <http://www.theclimategroup.org> [dostęp: 01.09.2011].
- The Monitoring and Wake on LAN Services*, Low Carbon ICT., 2011, University of Oxford, <http://www.oucs.ox.ac.uk/greenit/wol.xml> [dostęp: 01.09.2011].
- Zigbee Alliance, 2005, *ZigBee Specification, ZigBee Document 053474r06*, version, vol. 1.

DISTRIBUTED POWER MANAGEMENT AND CONTROL FOR LOCAL GOVERNMENT INFRASTRUCTURE USING GICOMP

Abstract: As the notion of Green Computing is becoming more popular in the IT world, so new power saving features are starting to appear in both computer hardware and software. The difficulty of leveraging the existing means of power management and control increases with the scale of the operations, making a networked approach to the problem a necessity. In this paper we present the GICOMP system architecture, a distributed solution for the monitoring and management of power consumption in computer systems. We discuss its features and characteristics, and explain what makes it suitable for a broad range of power saving and management applications. We present an example of its deployment and potential socio-economic gains which this system could provide for other local governments.

Keywords: power management, energy consumption, energy efficiency, distributed systems, e-government.