

ASPEKTY OCHRONY ŚRODOWISKA NATURALNEGO W CHMURZE OBLICZENIOWEJ¹

Jolanta Joszczuk-Januszewska

Akademia Morska w Gdyni, Morska 83, 81-225 Gdynia
jolajj@am.gdynia.pl

Ochrona środowiska naturalnego to całokształt działań mających na celu właściwe jego wykorzystanie oraz odnawianie jego zasobów i składników. W odniesieniu do środowiska naturalnego technologie informacyjno-komunikacyjne (TIK) mogą zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych i zużycie energii, wprowadzając między innymi rozwiązanie oparte na technologii chmury obliczeniowej (ang. *cloud computing*). Celem artykułu jest omówienie aspektów ochrony środowiska naturalnego, głównie związanych z emisją dwutlenku węgla i zużyciem energii, w technologii chmury obliczeniowej. Wymieniono również kluczowe korzyści wynikające ze stosowania tej technologii w odniesieniu do ochrony środowiska.

Słowa kluczowe: ochrona środowiska, wirtualizacja, chmura obliczeniowa

1. Wprowadzenie

Zmiany klimatu związane z tzw. globalnym ociepleniem to jedno z największych wyzwań stających wobec ludzkości w XXI wieku. Ochrona klimatu staje się zatem pilnym zadaniem ochrony środowiska naturalnego w skali globalnej.

Sposoby ochrony tegoż środowiska to racjonalne kształtowanie i gospodarowanie jego zasobami, zgodnie z zasadą zrównoważonego rozwoju, przeciwdziałanie zanieczyszczeniom, utrzymywanie i przywracanie elementów przyrodniczych do stanu właściwego, recykling.

Przyczyną zmian klimatu jest tzw. efekt cieplarniany, spowodowany emisją do atmosfery ziemskiej „gazów cieplarnianych” (ang. *GHG – greenhouse gases*), głównie zaś dwutlenku węgla. Gazy te zapobiegają wydostawaniu się promieniowania podczerwonego z Ziemi, pochłaniając je i oddając do atmosfery, w wyniku czego następuje zwiększenie temperatury powierzchni Ziemi.

¹ Niniejszy tekst jest rozszerzoną wersją referatu, wygłoszonego podczas konferencji BOS 2012 (Badania Operacyjne i Systemowe), Warszawa, wrzesień 2012 r., Pałac Staszica.

Ocieplenie klimatu jest zjawiskiem globalnym, dlatego też w ostatnich latach pojawiła się świadomość konieczności uregulowania tej kwestii w skali światowej.

Jednym z działań, które należy podjąć, by przeciwdziałać zanieczyszczeniom środowiska naturalnego, jest zmniejszenie emisji gazów cieplarnianych.

Unia Europejska (UE) od początku pojawienia się kwestii zmian klimatycznych na forum międzynarodowym zaangażowała się w nie i stała się w tej dziedzinie światowym liderem.

I tak, na przykład, UE zobowiązała się do zmniejszenia emisji gazów cieplarnianych o co najmniej 20 % do 2020 r. w porównaniu z poziomem z 1990 r. i do poprawy efektywności energetycznej o 20 %. W realizacji tych zadań kluczową rolę do odegrania mają technologie informacyjno-komunikacyjne (TIK). Określenie tej roli jest zadaniem europejskiej agendy cyfrowej, będącej jednym z projektów przewodnich strategii Europa 2020, por. np. KOM (2010).

TIK na rzecz środowiska mogą potencjalnie umożliwić strukturalne przejście na mniej zasobochłonne produkty i usługi, oraz mogą zapewnić oszczędności energii w budynkach i sieciach elektroenergetycznych, jak również bardziej wydajne i mniej energochłonne inteligentne systemy transportowe.

Sektor TIK powinien odgrywać w tej dziedzinie wiodącą rolę poprzez prowadzenie sprawozdawczości dotyczącej wpływu wywieranego na środowisko, przyjmując wspólne ramy pomiaru jako podstawę do określania celów polegających na zmniejszeniu zużycia energii i emisji gazów cieplarnianych we wszystkich procesach produkcji, dystrybucji, użytkowania i unieszkodliwiania produktów TIK i świadczenia usług w zakresie TIK.

Z punktu widzenia środowiska naturalnego TIK mogą zmniejszyć emisję gazów cieplarnianych (zwłaszcza dwutlenku węgla CO₂) i zużycie energii, wprowadzając między innymi rozwiązanie oparte na technologii chmury obliczeniowej (ang. *cloud computing*), np. Accenture/WSP (2010), Kepes (2011).

Chmura obliczeniowa to określona realizacja informatyki w postaci usługi. Pojęcie to nie doczekało się jednak jak dotychczas jednolitej definicji, jest ich bowiem obecnie kilka, np. Babcock (2010), Mirashe, Kalyankar (2010). Jedno z popularniejszych określeń chmury zostało sformułowane przez analityków Gartnera. Według nich jest to styl obliczeń, w którym dynamicznie skalowalne (zwykle zwirtualizowane) zasoby są dostarczane jako usługa za pośrednictwem Internetu. Użytkownik nie musi mieć wiedzy na temat tego, w jaki sposób usługa ta jest realizowana, nie musi też zajmować się aspektami technicznymi niezbędnymi do jej działania, por. np. Babcock (2010), Franklin Jr., Chee (2010), Nowicka (2011).

Chmura obliczeniowa to najbardziej dynamicznie rozwijająca się część rynku IT (ang. *Information Technology*) - zarówno w Polsce, jak i na świecie. O skali zainteresowania tematem przenoszenia się usług informatycznych z konkretnych serwerów do wirtualnej „chmury” świadczą liczne raporty opublikowane w ostatnim czasie, np. BSA (2012), Cisco (2011), Zborowska (2010).

Celem artykułu jest omówienie aspektów ochrony środowiska naturalnego, związanych głównie z emisją CO₂ i zużyciem energii, w technologii chmury obliczeniowej. Wymieniono również kluczowe korzyści wynikające ze stosowania tej technologii w odniesieniu do ochrony środowiska.

2. Podstawy przetwarzania w chmurze obliczeniowej

W przypadku chmury obliczeniowej (chmury) możliwe jest wyodrębnienie następujących ogólnych zasad działania, por. Mateos, Rosenberg (2011):

- Chmura potrzebuje serwerów sieciowych, te zaś potrzebują domu. Serwery zgromadzone w pewnej fizycznej lokalizacji będziemy określali terminem centrum danych.
- Serwery w chmurze należy zwirtualizować. Wirtualizacja ma kluczowe znaczenie dla chmury, ponieważ skala infrastruktury jest przeogromna, oparta na tysiącach serwerów. Każdy serwer zajmuje fizyczną przestrzeń, wymaga dopływu zasilania oraz chłodzenia. Z tego powodu serwery należy wykorzystywać tak efektywnie, jak tylko się da. Przełomem, który pozwolił najlepiej wykorzystać ogólnodostępny sprzęt i w największym stopniu przyczynił się do sukcesu chmury, jest wirtualizacja polegająca na podziale fizycznego serwera na wiele serwerów wirtualnych. Każdy z nich działa jak normalny serwer z systemem operacyjnym i pełnym zestawem aplikacji. Serwery wirtualne to podstawowe jednostki, konsumowane w chmurze w miarę potrzeb. Razem tworzą one obszerną pulę zasobów dostępnych na życzenie.
- Chmura musi oferować API (ang. *Application Programming Interface*, interfejs programowania aplikacji). Za pośrednictwem tego interfejsu da się dodawać zasoby, zarządzać nimi, konfigurować je i zwalniać, gdy przestają być potrzebne. API jest niezbędne do korzystania z usług dostawcy chmury. W ten sposób sprzedający prezentuje swoją ofertę, którą kupujący może ocenić według swoich potrzeb.
- Chmura musi gdzieś przechowywać dane oraz składować obrazy maszyn wirtualnych, aplikacje użytkowników i wykorzystywane przez nie trwałe dane.

- Chmura wymaga bazy danych. Większość aplikacji do działania potrzebuje ustrukturyzowanych danych – w konsekwencji potrzebują ich także chmura.
- Chmura musi być elastyczna i skalować się dynamicznie zgodnie z potrzebami aplikacji i ich użytkowników. Dla użytkowników chmury możliwość dostosowania ilości wykorzystywanych zasobów (oraz płatności za nie) do aktualnego obciążenia aplikacji to jedna z największych korzyści z przejścia na chmurę.

Rozwiązania oparte na ogólnie pojętym modelu chmury można klasyfikować nie tylko pod względem oferowanych usług, ale również według lokalizacji chmury, np. Mateos, Rosenberg (2011), Nowicka (2011).

Pod względem oferowanych usług można zdefiniować trzy główne typy rozwiązań:

- infrastruktura jako usługa (*Infrastructure as a Service – IaaS*), czyli dostarczenie klientowi przez dostawcę infrastruktury informatycznej – sprzętu, oprogramowania i serwisowania. Klient może wynająć konkretną liczbę serwerów, przestrzeni dyskowej lub określony zasób pamięci i mocy przerobowej na określonym poziomie jakości wskazanym w umowie z dostawcą (*SLA – Service Level Agreement*);
- platforma jako usługa (*Platform as a Service – PaaS*), czyli usługa polegająca na wynajmie usługobiorcy wirtualnego środowiska pracy znajdującego się na serwerach dostawcy;
- oprogramowanie jako usługa (*Software as a Service – SaaS*) – klient otrzymuje konkretne, potrzebne mu funkcje programów działających na serwerze i w środowisku dostawcy bez konieczności zakupu licencji, płacąc jedynie za każdorazowe ich użycie, a dostęp do nich uzyskuje „na żądanie”.

W klasyfikacji chmury w zależności od lokalizacji wyróżnia się trzy typy przetwarzania w chmurze: chmura prywatna (*private cloud*), chmura publiczna (*public cloud*) i chmura hybrydowa (*hybrid cloud*). Chmura publiczna to rodzaj usługi, który służy praktycznie nieograniczonej liczbie klientów korzystających z tej samej infrastruktury – jest to np. poczta Gmail oferowana przez Google jako intuicyjna, efektywna i użyteczna poczta e-mail. Chmura prywatna to usługa zaprojektowana dla konkretnej firmy, którą kontrolują administratorzy, natomiast chmura hybrydowa łączy w sobie dwa wymienione modele.

3. Chmura obliczeniowa w ograniczaniu emisji gazów cieplarnianych

Pod terminem chmura obliczeniowa kryje się przyszłość przetwarzania danych. Zamiast przechowywać je na naszym komputerze znajdować się one będą na zewnętrznych serwerach. Tam też będą przeliczane, przechowywane, a wyniki przesyłane będą na nasze osobiste urządzenie. Rozrzucone po świecie serwery przechowujące np. nasze zdjęcia z Facebooka czy wiadomości e-mail pochłaniają coraz większe zasoby energii. Amerykańska Agencja Ochrony Środowiska (*Environmental Protection Agency – EPA*) szacuje, że tylko na terenie USA serwery pochłaniają już 3% całkowitej produkcji energii.

Nie bez znaczenia jest więc pytanie: czy korzystanie z usług szybkich i energochłonnych komputerów wykonujących dla nas obliczenia to tylko wygoda, czy może także energetyczny zysk. Może lepiej jednak polegać na własnym komputerze, który możemy wyłączyć po skończeniu pracy, oszczędzić trochę energii i zmniejszyć nasz węglowy ślad?.

Bezprecedensowy wzrost przepływu danych i przetwarzania informacji przez Internet ma znaczący wpływ na środowisko w związku ze zużyciem energii i wody oraz emisją gazów cieplarnianych. Wykorzystywanie chmur obliczeniowych może przyczynić się do złagodzenia tych problemów dzięki bardziej efektywnemu wykorzystaniu sprzętu, jak również, w szczególności, poprzez budowę centrów przetwarzania danych opartych na energooszczędnych serwerach i ekologicznych źródłach energii, których powstawanie jest warunkiem rozwoju i popularności rozwiązań chmurowych obliczeniowych.

Carbon Disclosure Project, jako niezależna organizacja non-profit, posiadająca największą bazę danych na temat oddziaływania klimatycznego i gospodarki wodnej największych korporacji na świecie, przeprowadziła w 2011 r. badania wśród międzynarodowych korporacji, korzystających od ponad dwóch lat z usług za pośrednictwem cyfrowej chmury. Wśród nich znalazły się Bell, City Group, Boeing i Deutsche Bank. Okazało się, że duża międzynarodowa firma może dzięki przeniesieniu swej działalności do wirtualnej chmury nie tylko oszczędzić około 10 mln dolarów rocznie, ale także w ciągu pięciu lat zmniejszyć swoją emisję CO₂ aż o 30 tysięcy ton. To równowartość emisji prawie 6 tysięcy samochodów osobowych rocznie, CDP (2011), Cyfrowa chmura (2012).

Według prognozy *Carbon Disclosure Project* już za 8 lat aż 70% działalności 2 653 dużych międzynarodowych firm działających na terenie USA odbywać się będzie poprzez korzystanie z usług umieszczonych w wirtualnych chmurach. Dzięki temu uda się zmniejszyć emisję CO₂ aż o 86 mln ton rocznie i zwiększyć zyski o 12 miliardów dolarów w każdym roku.

W podobnym tonie brzmią też wnioski ze zleconego przez Microsoft opracowania. Oceniono w nim węglowy ślad amerykańskich firm, zatrudniających

od 100 do 10 tys. pracowników. Okazało się, że rezygnacja z lokalnych serwerów pocztowych na rzecz tych umieszczonych w cyfrowej chmurze to redukcja emisji CO₂ równoważna usunięciu z dróg aż 100 tysięcy samochodów. Wygląda na to, że wirtualne chmury mogą zmniejszyć, i to w znacznym stopniu, szkodliwy w tym względzie wpływ naszej cywilizacji.

4. Ekologiczne centrum przetwarzania danych na przykładzie firmy Cisco

W roku 2011 firma Cisco poinformowała o uruchomieniu nowego ekologicznego centrum przetwarzania danych w Allen w Teksasie, którego architektura wykorzystuje całą gamę technologii zastosowanych do centrum przetwarzania danych firmy Cisco, obejmując zasoby obliczeniowe, przełączniki i pamięć masową. Urządzenia te obsługują wewnętrzną, prywatną chmurę firmy Cisco i umożliwiają dostarczanie technologii informatycznej jako usługi. Nowe centrum przetwarzania danych prezentuje korzyści płynące z podejścia sieciowego, uzyskane dzięki większej odporności na awarie, wyższej wydajności oraz lepszemu wykorzystaniu zasobów, a jednocześnie umożliwia dostarczanie usług IT, takich jak wideo, mobilność, zabezpieczenia i współpraca, między innymi pracownikom, klientom i partnerom firmy Cisco, Nowe, ekologiczne centrum (2011).

W 2007 r. firma Cisco stworzyła wizję dostarczania technologii IT jako usługi i opracowała długoterminowy plan jej realizacji, który obejmuje konsolidację i wirtualizację centrum przetwarzania danych oraz infrastrukturę typu „cloud”. Najnowsze centrum przetwarzania danych firmy Cisco łączy najlepszy ekologiczny projekt ośrodka, ekologiczne podejście do zasilania i chłodzenia oraz architekturę zoptymalizowaną pod kątem wirtualizacji i przetwarzania w chmurze. Jego celem jest dostarczanie wszystkich technologii jako usługi.

W nowym centrum przetwarzania danych nowej generacji zastosowano technologie Cisco tworząc kompleksową strukturę centrum przetwarzania danych, która została zaprojektowana pod kątem prostej obsługi, skalowalności i wysokiego poziomu bezpieczeństwa. Ośrodek umożliwia dostarczanie dowolnej aplikacji w dowolnej lokalizacji wewnątrz centrum przetwarzania danych, w innych centrach przetwarzania danych oraz w chmurze.

4.1. Zintegrowane centra przetwarzania danych zapewniają odporność na awarie

Nowe centrum przetwarzania danych jest połączone z drugim ośrodkiem tego typu znajdującym się w Richardson w stanie Teksas i tworzy Miejskie Wirtualne Centrum Przetwarzania Danych (*Metro Virtual Data Center, MVDC*). Oba centra przetwarzania danych pracują w trybie aktywny-aktywny i tworzą zwirtualizowane, dynamiczne środowisko typu „cloud”, które umożliwia dostarczanie usług

informatycznych, a równocześnie zapewniają sobie nawzajem usługi tworzenia kopii zapasowych. Takie rozwiązanie umożliwia obu centrům przetwarzania danych obsługę w czasie rzeczywistym aplikacji o znaczeniu krytycznym, jednocześnie w dwóch ośrodkach, zapewniając równocześnie najwyższy poziom odporności na awarie.

4.2. Kurs na chmurę

Firma Cisco planuje konsolidację posiadanych centrów przetwarzania danych do trzech par ośrodków produkcyjnych MVDC na całym świecie, które będą stanowić podstawę prywatnej chmury firmy Cisco - *Cisco IT Elastic Infrastructure Services*. Dzięki odpornej na awarie prywatnej chmurze firma Cisco będzie dostarczać pracownikom, klientom, partnerom i innym podmiotom takie usługi informatyczne, jak wideo, mobilność, bezpieczeństwo i współpraca, a jednocześnie obniży koszty związane ze sprzętem, nieruchomościami, zasilaniem/chłodzeniem i działaniem przedsiębiorstwa.

4.3. Dzięki chmurze centra przetwarzania danych są bardziej ekologiczne

Energooszczędne budynki oraz coraz bardziej inteligentne rozwiązania do zasilania i chłodzenia sprawiają, że centra przetwarzania stają się bardziej ekologiczne. Przyczynia się do tego także odpowiednie zastosowanie technologii informatycznych. Na przykład rozwiązanie Unified Fabric umożliwia konsolidację ruchu danych z systemem pamięci masowej, ograniczając przy tym liczbę wymaganych przełączników, kart sieciowych i przewodów, a w konsekwencji zmniejszając zużycie energii. Dzięki wykorzystaniu tej technologii firma Cisco zaoszczędziła ponad 1 milion dolarów obniżając koszty okablowania. Mniejsza liczba przewodów umożliwia także lepszą cyrkulację powietrza, co obniża temperaturę sprzętu i umożliwia bardziej wydajną pracę urządzeń. Analitycy z firmy Pike Research, zajmujący się ekologicznymi aspektami technologii, przewidują, że przetwarzanie w chmurze umożliwi obniżenie zużycia energii przez centra przetwarzania danych na całym świecie o 38% do roku 2020 w porównaniu z rokiem 2010 oraz redukcję emisji gazów cieplarnianych o 28%.

Przedstawiciele przemysłu oraz agencje rządowe działające w USA, Europie i Japonii, przyjęły wspólne ustalenia w zakresie metodologii pozwalającej określać, czy centrum danych zasługuje na miano energooszczędnego środowiska obliczeniowego.

Jest to ważne porozumienie, dzięki któremu zarówno producenci, jak i użytkownicy, będą mogli porównywać różne centra danych, oparte niejednokrotnie na różnorodnych rozwiązaniach, posługując się akceptowanym przez wszystkie strony narzędziem.

Konsensus w tej sprawie nie przyszedł łatwo, biorąc pod uwagę fakt, że musiały go osiągnąć organizacje działające na różnych kontynentach. Jak informuje organizacja Green Grid (która koordynowała prace), dużą zasługę mają tu takie instytucje, jak U.S. Department of Energy, U.S. Environmental Protection Agency, European Union Code of Conduct i japońskie Ministerstwo Gospodarki.

Porozumienie przewiduje, że o tym, czy dane centrum jest energooszczędne będzie decydować współczynnik *Power Usage Effectiveness (PUE)*. Oblicza się go dzieląc moc pobieraną przez wszystkie urządzenia zainstalowane w centrum danych przez moc pobieraną tylko przez sprzęt IT (serwery, przełączniki, pamięci masowe i inne urządzenia). Współczynnik jest tym korzystniejszy, im bardziej zbliża się do wartości 1 (a w żadnym przypadku nie powinien być większy niż 2), por. np. CDP (2011), Mateos, Rosenberg (2011).

Jeszcze inaczej ujmując, współczynnik pokazuje, jaki procent całej energii pobieranej przez centrum danych przypada na urządzenia IT, a jaki na urządzenia utrzymujące centrum danych w ruchu (chłodzenie, oświetlenie i inne urządzenia mechaniczne). Centrum przetwarzania danych firmy Cisco osiągnie wskaźnik PUE na poziomie 1.35.

5. Obliczenia w chmurze pomogą energetyce odnawialnej

W 2011 r. AMD ogłosiła rozpoczęcie współpracy z New York State Energy Research and Development Authority (NYSERDA), HP i Clarkson University nad przełomowym dla branży badaniem nad zasilaniem centrów danych energią ze źródeł odnawialnych. Ponieważ zarówno wiatr, jak i słońce, nie są stałymi źródłami zasilania, jednym z głównych celów badania będzie kwestia zapewnienia ciągłości zasilania centrów danych. Dzięki funduszom NYSERDA oraz prywatnych inwestorów, projekt opracowany przez inżynierów AMD i Clarkson University, może wejść w fazę testów. Studenci rozpoczną swoje badania nad efektywnym zarządzaniem danymi w rozproszonej sieci działającej w oparciu o energię odnawialną. W kolejnej fazie do projektu wdrożone zostaną elementy infrastruktury sprzętowej, w tym centrów danych HP POD opartych na procesorach AMD Opteron, stworzonych z myślą o efektywności energetycznej i zastosowaniach w chmurze, Kwasowski (2011), Obliczenia w chmurze (2011).

HP POD to efektywne energetycznie, modułowe rozwiązanie dla centrów danych oparte o architekturę HP Converged Infrastructure. Technologia HP POD jest rozwiązaniem dla klientów borykających się z ograniczeniami infrastruktury i budżetów, pozwalającym na gwałtowny przyrost mocy obliczeniowej. Według danych HP, nowe rozwiązanie EcoPOD obniża zużycie energii elektrycznej nawet o 95 proc. w porównaniu do tradycyjnych rozwiązań centrów danych. Firma HP

wniesie do projektu swoje doświadczenie w dziedzinie oszczędnych i wydajnych rozwiązań sprzętowych.

AMD Research prowadzi prace m.in. nad kluczowymi aspektami z dziedziny systemów i technologii informatycznych, infrastruktury sieciowej i energetycznej. Współpracuje w tym zakresie z wiodącymi uczelniami, organizacjami z sektora publicznego oraz komercyjnymi laboratoriami na całym świecie.

„Rozproszony model chmury jest analogią rozproszonego modelu generacji energii słonecznej bądź wietrznej.”, powiedział Alan Lee, wiceprezes działu badań i rozwoju AMD. „Kluczowym wyzwaniem jest wyeliminowanie dużych tradycyjnych sieci elektrycznych.”

Kolejnym zadaniem jest rozwiązanie problemu, jak centra danych mogą uniezależnić się od sieci, nawet w przypadku, gdy przez łącza przesyłane są duże ilości danych.

„Prosty przykład: co się stanie, jeśli wiatr ucichnie w jednym obszarze, podczas gdy centra danych w tym miejscu mają dużo danych do przeanalizowania?”, powiedział Steve Kester z AMD. „Praca komputerów nie może czekać na źródło zasilania do momentu, gdy wiatr zacznie znów produkować energię, więc postaramy się zrozumieć, w jaki sposób możemy przesunąć prace prowadzone w jednym centrum danych do innego centrum, które mogą być znacznie oddalone od siebie.”

„Badania rozpatrzą kilka scenariuszy i mają na celu pomóc lepiej zrozumieć wiele skomplikowanych problemów. Jednym z nich jest, jak w miarę możliwości wyeliminować tradycyjne sieci elektryczne pomiędzy źródłami energii odnawialnej, a obsługującymi je centrami danych, redukując w ten sposób koszty transmisji i infrastruktury przesyłowej”, powiedział dalej Kester. „Inną kwestią jest to, jak można przesunąć prace obliczeniowe podczas przewidywanych zmian pogodowych w jednej z farm.”

Podczas trwania projektu, będzie możliwe również przyjrzenie się temu, jak wydatek energii słonecznej i wietrznej na obsługę centrów danych może być zoptymalizowany na miejscu produkcji energii oraz jak zoptymalizować wymianę danych w chmurze obliczeniowej, by go zminimalizować.

„Model ten ma potencjał, by zmniejszyć, a nawet wyeliminować w pewnym momencie uzależnienie od sieci.”, dodał Kester.

6. Podsumowanie

Działania proekologiczne są wciąż aktualne. Organizacje takie jak Greenpeace wciąż publikują kolejne rankingi firm zaangażowanych w ochronę środowiska naturalnego.

Związana z ochroną tegoż środowiska energooszczędność nie przestała być priorytetem producentów procesorów, serwerów, urządzeń sieciowych i telekomunikacyjnych, a dodatkowo stała się ważnym argumentem w promowaniu takiej usługi jak chmura obliczeniowa.

Alternatywą dla własnej sieci komputerów i serwerowni jest zespół terminali wykazujących minimalne zużycie energii, podłączony do chmury obliczeniowej. W przejściu z tradycyjnego modelu użytkowania informatyki na usługi chmurowe kryje się ogromny potencjał zmniejszenia wpływu komputerów na środowisko.

Z założenia chmura bazuje na wirtualizacji. Efektem wirtualizacji zasobów IT jest zmniejszenie liczby serwerów obsługujących aplikacje. Wirtualizacja powoduje, że serwer, którego moc obliczeniowa była dotychczas wykorzystywana jedynie w części, zaczyna działać na pełnych obrotach. W związku z tym można kilkakrotnie zredukować liczbę sprzętu i ograniczyć pobór energii – na serwerownię i jej chłodzenie. Drugim efektem wirtualizacji jest ograniczenie liczby sprzętu, który z czasem trzeba będzie utylizować. Konstruowanie, a jeszcze bardziej utylizowanie komputerów, to zadania pracochłonne i energochłonne oraz nieobojętne dla środowiska.

Firmy, które przenoszą swoje zasoby IT do chmury, szybko notują efekty ekologiczne – spada zużycie prądu i nie ma konieczności utylizacji sprzętu po zakończeniu jego eksploatacji.

Jednak tam, gdzie znajdują się największe centra komputerowe udostępniające usługi chmurowe, sytuacja jest dokładnie odwrotna. Wymagane są bowiem duże ilości energii, często pozyskiwane z elektrowni węglowych. Google jest firmą najbardziej konsekwentną, jeśli chodzi o poszukiwanie nowych źródeł elektryczności przyszłych usług chmurowych. Również koncern Google po raz pierwszy w historii opublikował raport o poziomie własnych emisji dwutlenku węgla. Z raportu tego wynika, że usługi działające na zasadzie chmury (np. Gmail) potrafią wykorzystać 80-krotnie mniejsze zasoby energii od tradycyjnych odpowiedników, por. Google (2011).

W artykule omówiono aspekty ochrony środowiska naturalnego na przykładzie działań związanych z ochroną środowiska, w których wykorzystano technologię chmury obliczeniowej. Działania te przyczyniają się do zmniejszenia zarówno zużycia energii jak i emisji gazów cieplarnianych, zwłaszcza dwutlenku węgla CO₂.

Przewiduje się, że chmury obliczeniowe pomogą też energetyce odnawialnej. Współpraca pomiędzy producentami chipów komputerowych AMD, HP oraz Uniwersytetu Clarkson oraz New York State Energy R&D Authority pozwala na zbadanie, jak w integracji odnawialnych źródeł energii sprawdzić się może tzw.

chmura obliczeniowa w zarządzających farmami centrach danych rozproszonych na całym świecie. Badania mają na celu, między innymi, określenie, w jakim stopniu dystrybucja odnawialnych źródeł energii może korelować z transferem danych na wielką skalę.

Literatura

- Accenture/WSP Environment&Energy (2010) *Cloud Computing and Sustainability: The Environmental Benefits of Moving to the Cloud*.
- Babcock Ch. (2010) *Management Strategies for the Cloud Revolution*. McGraw-Hill, New York.
- Business Software Alliance (2012) *BSA Global Cloud Computing Scorecard*.
- Carbon Disclosure Project (CDP) Study (2011) *Cloud Computing - The IT Solution for the 21 century*.
- Cisco (2011) *Cisco Global Cloud Index. Forecast and Methodology, 2010-2015*.
- Cyfrowa chmura dobra dla klimatu (16.03.2012)
http://wyborcza.pl/1,75476,11360663,Cyfrowa_chmura_dobra_dla_klimatu.html
- Franklin Jr., C., Chee B.J.S. (2010) *Cloud Computing*. CRC Press Inc. Taylor & Francis Group, Boca Raton.
- Google (2011) *Google's Green Computing: Efficiency at Scale*.
- Kepes B. (2011) *Sustainability and the Cloud. The Global Environmental Benefits of IT and Cloud Technology*. Diversity Limited.
- KOM (2010) 245 wersja ostateczna/2 (z 26.08,2010) *Europejska agenda cyfrowa*
- Kwasowski S. (2011) AMD wspiera projekt nad odnawialnymi źródłami energii (02.08.2011).
http://www.in4.pl/news_AMD_wspiera_projekt_nad_odnawialnymi_%C5%BAR%C3%B3d%C5%82ami_energii_23408.htm
- Mateos A., Rosenberg J. (2011) *Chmura obliczeniowa. Rozwiązania dla biznesu*. Helion.
- Mirashe S.P., Kalyankar N.V. (2010) *Cloud Computing*. Journal of Computing, 2, 3, 78-82.
- Nowe, ekologiczne centrum przetwarzania danych firmy Cisco w Teksasie prezentuje prywatną infrastrukturę typu Cloud (27.04.11).
<http://www.cisco.com/web/PL/prasa/news/2011/20110427.html>
- Nowicka K. (2011) Zarządzanie przepływem informacji w modelu biznesowym cloud computing. „e-mentor” 3 (40), 82-88.
- Obliczenia w chmurze pomogą energetyce odnawialnej (16.08.2011)
<http://www.srodowisko.pl/wiadomosci-i-komunikaty/obliczenia-w-chmurze-pomoga-energetyce-odnawialnej-50798-10>
- Zborowska E. (2010) *Poland's Cloud Services Market 2011-2015 Forecast and 2010 Competitive Analysis*. IDC.

ASPECTS OF ENVIRONMENTAL PROTECTION IN CLOUD COMPUTING

Abstract: Environmental protection is a practice of protecting the natural environment and is constituted by the totality of actions to correct the use of and renew the resources and components of the environment. In respect to environmental protection information and communication technologies (ICT) can reduce greenhouse gas emissions and energy consumption by adopting the solutions based on the technology of cloud computing. This article aims to discuss aspects of the environmental protection, mainly related CO₂ emissions and energy consumption in cloud computing technology. The paper deals also with key benefits of this technology for the protection of the natural environment.

Keywords: environmental protection, virtualization, cloud computing