

*Piotr Czerwonka\**, *Tomasz Lech\*\**, *Grzegorz Podgórski\*\*\**

## **CHMURA OBLICZENIOWA**

### **1. WPROWADZENIE**

Pojęcie chmury obliczeniowej (*Cloud Computing*) zaczęło funkcjonować pod koniec XX w. i odnosiło się do sieci rozległej WAN (takiej, jak np. Internet). W kolejnych latach informowano o udostępnianiu usług w chmurze, o kolejnych funkcjach czy o nowym sposobie licencjonowania. „Chmura” stała się chwytliwym pojęciem marketingowym – korzystanie z jej usług traktowane jest często jako wyznacznik nowoczesności. Nie zawsze jednak określenie „chmura obliczeniowa” oznacza to samo. Różnice mogą być znaczne i w dużej mierze zależą od oferty konkretnej firmy. Definicja, jak i cechy charakterystyczne chmury obliczeniowej wciąż podlegają ewolucji, co bezpośrednio wynika ze zmian w technologii jak i w sposobie realizacji modeli biznesowych. Z punktu widzenia odbiorcy usług priorytetem jest zrozumienie możliwych do zrealizowania funkcjonalności i ograniczeń oraz zestawienie ich z realnymi potrzebami i już zaimplementowanymi tradycyjnymi rozwiązaniami informatycznymi. Kluczowe są aspekty ekonomiczne, które decydują o opłacalności wdrożenia wybranej usługi. Nie można również zapominać o uwarunkowaniach prawnych, dotyczących m.in. charakteru przetwarzanych danych i globalnego charakteru usług.

Celem autorów pracy jest zaprezentowanie, w jaki sposób chmury obliczeniowe postrzegane są przez największych dostawców tego typu usług na świecie (VMware, Microsoft) oraz przybliżenie aspektów technicznych, ekonomicznych i prawnych towarzyszących tej technologii.

### **2. POJĘCIE I MODELE CHMURY OBLICZENIOWEJ**

Czym więc jest chmura obliczeniowa? Według definicji przyjętej przez NIST można ją określić jako sposób dostępu poprzez sieć komputerową do współdzielonych i łatwo konfigurowalnych zasobów obliczeniowych (sieci,

---

\* Mgr, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

\*\* Dr, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

\*\*\* Mgr, Katedra Informatyki, Wydział Zarządzania Uniwersytetu Łódzkiego.

serwerów, magazynów danych, aplikacji i usług), które na żądanie, dynamicznie mogą być przydzielane i zwalniane, przy równoczesnym minimalnym zaangażowaniu serwisów technicznych<sup>1</sup>.

Z definicji tej wynikają wyraźne korzyści dla klienta:

1. Zwiększenie zapotrzebowania na moc obliczeniową, dostępną pamięć, wielkość magazynu danych, czy też nowe usługi może powodować automatyczne przydzielenie zasobów koniecznych do realizacji zadań. Z punktu widzenia odbiorcy usług możliwe do wykorzystania zasoby mogą sprawiać wrażenie nieograniczonych. Z drugiej strony, zmniejszenie zapotrzebowania na zasoby obliczeniowe może skutkować ich zwolnieniem. Połączenie wyżej opisanej elastyczności z dokładnymi raportami wykorzystania zasobów oraz nowymi modelami płatności (np. za wykorzystany czas obliczeniowy procesorów) może przynieść wymierne korzyści.

2. Dostęp do usług obliczeniowych realizowany jest przez standardowe sieci komputerowe. Możliwy jest więc dostęp do zasobów obliczeniowych chmury np. za pomocą przeglądarki internetowej z poziomu różnych platform sprzętowych (PC, notebook, tablet, telefon komórkowy i inne). Nie wyklucza to oczywiście użycia oprogramowania stosowanego do konkretnych usług. Nie jest konieczne, aby klient angażował środki na zakup i utrzymanie sprzętu i oprogramowania – zależy to jednak od zakresu i modelu świadczonych usług.

Korzyści odnotowuje także dostawca usług. „Samoobsługowość” chmury ogranicza konieczność interwencji służb technicznych do minimum. Niebagatelną rolę odgrywa współdzielenie zasobów przez wielu klientów. Elastyczność przekazywania dostępnych zasobów pomiędzy poszczególnymi użytkownikami sprawia, że możliwe jest równoczesne świadczenie większej liczby usług niż przy tradycyjnym modelu, angażując porównywalne zasoby sprzętowe.

Przekazanie realizacji usług zewnętrznemu dostawcy, przy równoczesnym dzieleniu zasobów chmury z innymi użytkownikami odpowiada modelowi chmury publicznej (*Public Cloud*). W ten sposób swoje usługi świadczy np. Google i Microsoft. Zakres usług może być jednak różny i zależy od wielu czynników, np. konkretnych potrzeb klienta, posiadanych zasobów, wiedzy i umiejętności technicznych. Można wyróżnić 3 modele realizacji usług:

1. Oprogramowanie jako usługa – SaaS (*Software as a Service*). W modelu tym dostawca oferuje konkretne oprogramowanie gotowe do wykorzystania. Klienta nie interesuje ani platforma sprzętowa, ani oprogramowanie systemowe, a jedynie oferowane funkcje w poszczególnych aplikacjach. Model ten jest najczęściej wykorzystywany przez osoby prywatne. Oferta może być również atrakcyjna dla małych firm, ponieważ zbędny jest zakup i utrzymanie serwerów,

---

<sup>1</sup> P. Mell, T. Grance, *The NIST Definition of Cloud Computing*, The National Institute of Standards and Technology <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf> (odczyt 28.11.2011).

oprogramowania systemowego i użytkowego, a usługi administracyjne mogą ograniczać się do jednorazowej, wstępnej konfiguracji.

2. Platforma jako usługa – PaaS (*Platform as a Service*). W modelu tym dostawca oferuje pakiet aplikacji, powiązanych ze sobą i wyposażonych w jednolity interfejs użytkownika. Najczęściej dostęp realizowany jest przez przeglądarkę internetową, co oznacza możliwość korzystania z oprogramowania na wielu różnych platformach sprzętowych i systemowych.

3. Infrastruktura jako usługa – IaaS (*Infrastructure as a Service*). W modelu tym oferta obejmuje infrastrukturę sprzętową, oprogramowanie systemowe i użytkowe oraz usługi serwisowe. Możliwe są jednak różne warianty, np. instalacja oprogramowania dostarczonego przez klienta, czy też rozdzielanie usług administracyjnych pomiędzy dostawcę i klienta.

Jak każda nowa technologia, tak i chmury obliczeniowe mogą wzbudzać uzasadnione obawy. Na pierwszy plan wysuwają się problemy z dostępnością usług i bezpieczeństwem danych. Wyniesienie infrastruktury obliczeniowej na zewnątrz organizacji musi skutkować redundancją kanałów transmisyjnych. Brak dostępu do sieci w skrajnym przypadku może całkowicie sparaliżować system przetwarzania danych. Brak usług może być również spowodowany awarią po stronie dostawcy. Na niedostępność usług mogą mieć również wpływ czynniki pozatechniczne, które z natury są trudniejsze do oszacowania. Można tu wspomnieć o ryzyku radykalnej zmiany warunków świadczenia usług, czy też zablokowaniu usług przez lokalne władze<sup>2</sup>.

Ze względu na charakter przetwarzanych i magazynowanych danych, niektóre usługi z natury nie nadają się do wyniesienia na zewnątrz, szczególnie, gdy fizyczne umiejscowienie chmury obliczeniowej nie jest z góry gwarantowane. Mogą również obowiązywać uregulowania prawne, które wprost zakazują przekazywania danych poza terytorium danego kraju. Przekazanie danych zewnętrznej organizacji zawsze wiąże się z ryzykiem ich ujawnienia.

Chmura publiczna może być dobrym rozwiązaniem dla małych, kilkuosobowych firm, które nie chcą ponosić kosztów na utrzymanie działów IT. W praktyce pozostałe organizacje nie są aktualnie zainteresowane przenoszeniem w całości swoich systemów informatycznych do chmury publicznej<sup>3</sup>.

Funkcjonalność chmury można również osiągnąć wykorzystując chmurę prywatną (*Private Cloud*). Ten model funkcjonowania może być zrealizowany z wykorzystaniem własnej infrastruktury informatycznej. Wiąże się to z koniecznością posiadania sprzętu, oprogramowania systemowego i użytkowego

---

<sup>2</sup> A. Golański, *Po nalocie FBI na DigitalOne: jak zabezpieczyć usługi hostingowe przed zagrożeniami spoza świata IT?* <http://webhosting.pl/Po.nalocie.FBI.na.DigitalOne.jak.zabezpieczyc.uslugi.hostingowe.przed.zagrozeniami.spoza.swiata.IT> (odczyt 29.11.2011).

<sup>3</sup> A. Sucha, *Chmura musi mieć fundament*, <http://www.crn.pl/artykuly/wywiady/chmura-musi-miec-fundament?searchterm=chmura%20musi%20mie%C4%87%20fundament> (odczyt 20.11.2011).

wspierającego obliczenia w chmurze, jak również wzięciem pełnej odpowiedzialności za dostępność usług i bezpieczeństwo danych. Pod wieloma względami taki scenariusz jest podobny do tradycyjnego sposobu przetwarzania danych. Określenie „chmura prywatna” jest jednak szersze. Oznacza również wykorzystanie zasobów obliczeniowych chmury dostarczanych przez zewnętrznego operatora, pod warunkiem, że zasoby te nie są współdzielone z innymi użytkownikami, a więc mają charakter prywatny.

Połączeniem chmury publicznej i prywatnej jest chmura hybrydowa (*Hybrid Cloud*). Część usług realizowanych jest w przestrzeni prywatnej, część w publicznej. Sposób przydziału zależy od konkretnych preferencji. Jeżeli kluczowa jest wydajność, to najbardziej wymagające usługi powinny być realizowane w chmurze obliczeniowej o największej mocy obliczeniowej; jeżeli bezpieczeństwo – dane i usługi krytyczne winny być realizowane w chmurze prywatnej. Chmura hybrydowa jest najbardziej uniwersalna i pozwala na dokładne dopasowanie do potrzeb klienta.

### 3. ASPEKTY TECHNICZNE FUNKCJONOWANIA CHMURY

#### **Wymagania**

Kluczowa charakterystyka chmury obliczeniowej, zdefiniowana przez NIST<sup>4</sup> wymaga od wszystkich stron zainteresowanych jej użyciem nowego podejścia do sposobu wykorzystania mocy obliczeniowej komputerów. Zarówno pracownicy działów IT (projektanci systemów informatycznych, programiści, administratorzy), jak i inni decydenci (prezesi, konsultanci, kierownicy działów IT) odpowiedzialni za utrzymanie i rozwój systemów w firmach, muszą wziąć pod uwagę potencjał i nowe możliwości wynikające z wykorzystania chmury obliczeniowej, ale również obiektywnie spojrzeć na wyzwania wynikające z jej implementacji.

Główne wymagania dla chmury obliczeniowej to:

- wykorzystanie pul zasobów sprzętowych,
- automatyzacja większości procesów odpowiedzialnych za alokację zasobów i wdrażanie nowych aplikacji,
- duża elastyczność i szybka reakcja na zmieniające się wymagania systemów,
- szeroki dostęp sieciowy,
- dostosowywanie parametrów pracujących systemów w zależności od ich potrzeb, w ramach możliwości dostępnych komponentów sprzętowych.

Dodatkowe założenia stawiane przed infrastrukturą pracującą w modelu IaaS można ująć w następujących punktach:

---

<sup>4</sup> P. Mell, T. Grance, *The NIST Definition...*

- chmura musi być oparta na puli wirtualnych zasobów – dotyczy to nie tylko procesorów i pamięci, ale również przestrzeni dyskowej i usług sieciowych;
- pomiędzy chmurami powinna być zagwarantowana mobilność aplikacji; klient powinien mieć możliwość prostego przeniesienia aplikacji do chmury;
- użytkownik chmury powinien płacić wyłącznie za wykorzystane zasoby lub za zakontraktowaną pulę zasobów;
- użytkownik chmury powinien mieć możliwość ochrony przed utratą danych;
- użytkownik chmury nie może być odpowiedzialny za jakikolwiek aspekt utrzymania współdzielonej infrastruktury;
- chmura powinna zagwarantować wysoką wydajność, a awarie i błędy konfiguracji infrastruktury powinny być niezauważalne dla użytkowników chmury.

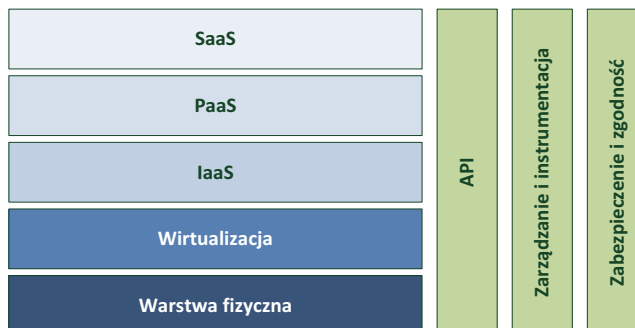
Spełnienie powyższych funkcji jest wyjątkowo kosztowne i nakłada na instytucję implementującą chmurę obliczeniową konieczność wykorzystania najnowocześniejszych technologii informatycznych, zaawansowanego oprogramowania zarządzającego i wysoce wykwalifikowanego personelu.

Dlatego też główni dostawcy oprogramowania wspierającego chmurę oferują wykorzystanie modelu publicznego IaaS, w którym adresat usługi nie musi się przejmować spełnieniem powyższych wymogów – obciążenie związane z utrzymaniem, rozbudową i nadzorowaniem infrastruktury jest poniesione przez usługodawcę – nie jest również konieczne jednorazowe ponoszenie kosztów oprogramowania.

Aby zagwarantować dostępność, elastyczność wykorzystania zasobów i szybkość reagowania na zmieniające się zapotrzebowanie usługobiorcy, architektura chmury musi być starannie zaprojektowana i powinna:

- określać ramy koncepcyjne dla podstawowych wymagań biznesowych,
- precyzować konkretne funkcje systemu,
- organizować elementy w odrębne składniki,
- wyznaczać powiązania występujące między zależnymi komponentami systemu.

Na rys. 1 przedstawiono zależność pomiędzy komponentami stosu chmury obliczeniowej. Kluczem do jej efektywnego działania jest warstwa wirtualizacji pracująca na rozszerzalnej warstwie sprzętowej. Dostarczanie usług SaaS, PaaS i IaaS w oparciu o te warstwy jest możliwe tylko dzięki odpowiedniemu oprogramowaniu zarządzającemu, które automatyzuje procesy związane z konfiguracją usług, wirtualizacją nowych systemów, alokacją zasobów sprzętowych i zbieraniem danych o obciążeniu komponentów z chmury.



**Rysunek 1. Komponenty stosu chmury obliczeniowej**

Źródło: VMware vCloud® Architecture Toolkit, Architecting a VMware vCloud, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Architecting-VMware-vCloud.pdf> (odczyt 10.2011).

### Logiczne obiekty w ramach chmury vCloud

Zasoby występujące w ramach chmury można podzielić na:

1. Klaster zarządzania – zawierający komponenty i usługi potrzebne do zagwarantowania funkcjonowania chmury. Do zadań klastra należy m.in. kontrolowanie wykorzystania, przydział i zwalnianie zasobów. W skład narzędzi klastra zarządzania wchodzi m.in. WMWarevCenter Server, vCloudDirector i vCenterChargeback Server.

2. Grupy zasobów – reprezentujące dedykowane zasoby dla wykorzystania przez użytkownika końcowego. Każda grupa zasobów składa się z hostów ESXi zarządzanych przez vCenterServer, który, pracując pod kontrolą vCloudDirector, może zarządzać wieloma grupami zasobów. Hosty ESXi udostępniają technologię wirtualizacji, dającą możliwość uruchomienia na jednym serwerze wielu maszyn wirtualnych VM (*Virtual Machine*), co pozwala lepiej wykorzystać dostępne zasoby.

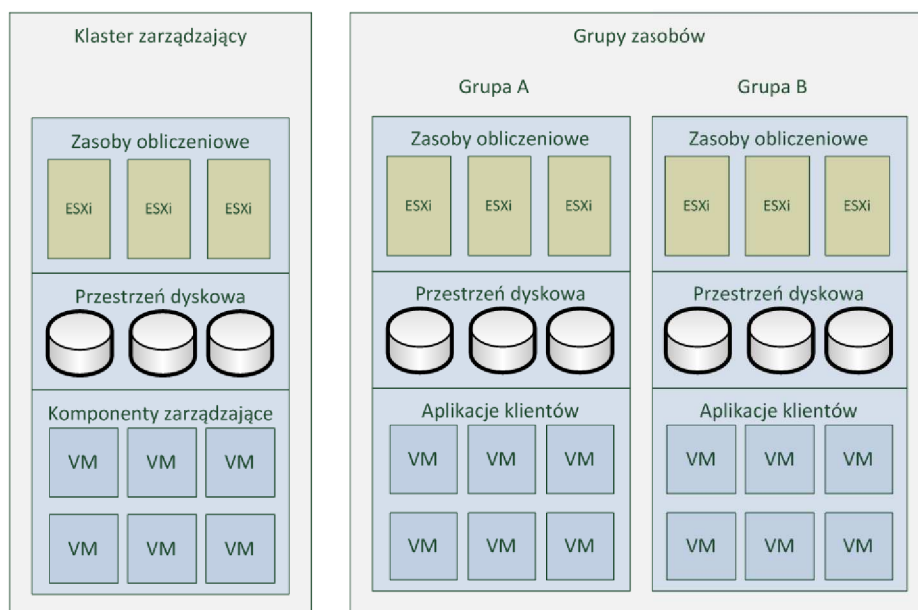
Rysunek 2 przedstawia przykładową logiczną strukturę chmury prywatnej vCloud. W jej skład wchodzi klaster zarządzania i dwie grupy zasobów przeznaczonych dla aplikacji klientów. W przypadku konieczności zwiększenia możliwości obliczeniowych chmury istnieje możliwość dodania nowych klastrów obliczeniowych i podłączenia ich do oprogramowania zarządzającego alokacją obciążenia w chmurze. Następujący podział zasobów umożliwia:

- oddzielenie zasobów zarządzających od zarządzanych,
- umożliwienie szybszego rozwiązywania problemów,
- zasoby chmury dzięki modułowej budowie mogą być łatwo rozszerzalne horyzontalnie.

Do podstawowych obiektów zarządzanych w ramach infrastruktury chmury vCloud można zaliczyć:

- organizacje,
- wirtualne centra przetwarzania danych,

- katalogi,
- aplikacje,
- sieci organizacji i pule sieci.



**Rysunek 2. Logiczna architektura chmury vCloud**

Źródło: opracowanie własne na podstawie VMware vCloud® Architecture Toolkit, Private VMware vCloud Service Definition, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Private-VMware-vCloud-Service-Definition.pdf> (odczyt 10.2011).

Organizacja jest jednostką izolacji, pozwalającą na bezpieczną pracę różnych podmiotów w ramach tej samej chmury. Organizacja zawiera zbiory użytkowników, zasobów obliczeniowych, katalogów aplikacji i obciążeń chmury. W przypadku chmury publicznej organizacje reprezentują różnych klientów. Dla chmur prywatnych obiekty organizacji mogą odpowiadać jednostkom organizacyjnym wymagającym oddzielnego zarządzania, separacji zasobów zwiększonego poziomu bezpieczeństwa.

Aplikacja vApp to obiekt reprezentujący podstawową jednostkę dystrybucji w chmurze vCloud. vApp składa się z jednej lub więcej skonfigurowanych maszyn wirtualnych wraz z opisem konfiguracji sieci. Może to być zarówno serwer zawierający prosty program magazynowy, jak i kilkuserwerowa platforma dla aplikacji Business Intelligence.

Katalog to repozytorium szablonów aplikacji vApp i nośników danych dostępnych do wdrożenia. Katalog może być opublikowany dla wszystkich organizacji w ramach tej samej chmury.

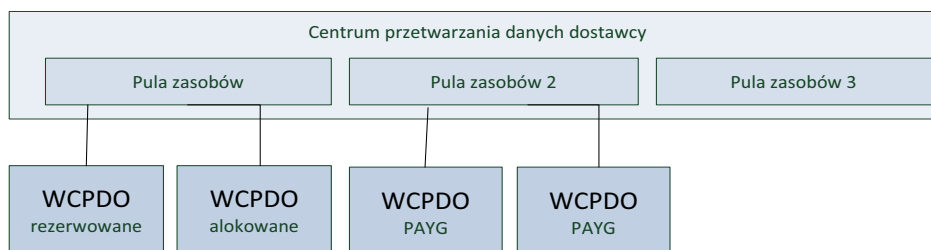
Centra przetwarzania danych definiują zasoby przestrzeni dyskowych i mocy obliczeniowych udostępnianych przez właściciela chmury lub zasoby konsumowane przez usługobiorcę. Centra można podzielić na:

- wirtualne centra przetwarzania danych dostawcy (WCPDD) – zasoby magazynów danych i pul zasobów kontrolowanych przez jeden serwer Center;
- wirtualne centra przetwarzania danych organizacji (WCPDO) – przydziała zasobny z WCPDD i udostępnia je konkretnej organizacji. Wiele organizacji może współdzielić zasoby tego samego WCPDD. Wraz z przydzieleniem organizacji zasobów przetwarzania danych definiuje się również maksymalną liczbę sieci dla aplikacji klienta z dostępnych z puli sieciowych. WCPDO jest środowiskiem, w którym można uruchamiać aplikacje vApp.

Zależność pomiędzy WCPDD i WCPDO została przedstawiona na rys. 3.

Organizacje mogą wykorzystywać zasoby wielu centrów przetwarzania danych na podstawie jednego z trzech modeli alokacji:

- pula alokowana – jest to pula zasobów z gwarancją dostępności na określonym poziomie (np. 50%),
- pula zarezerwowana – jest to pula dedykowana dla organizacji – odpowiadająca modelowi alokowanemu z gwarancją dostępności na poziomie 100%,
- *Pay-as-you-go* – jest to model, w którym nie zdefiniowano limitu zasobów, co może stwarzać wrażenie ich nieograniczoności. W modelu tym zasoby są alokowane wraz ze zwiększającymi się potrzebami.



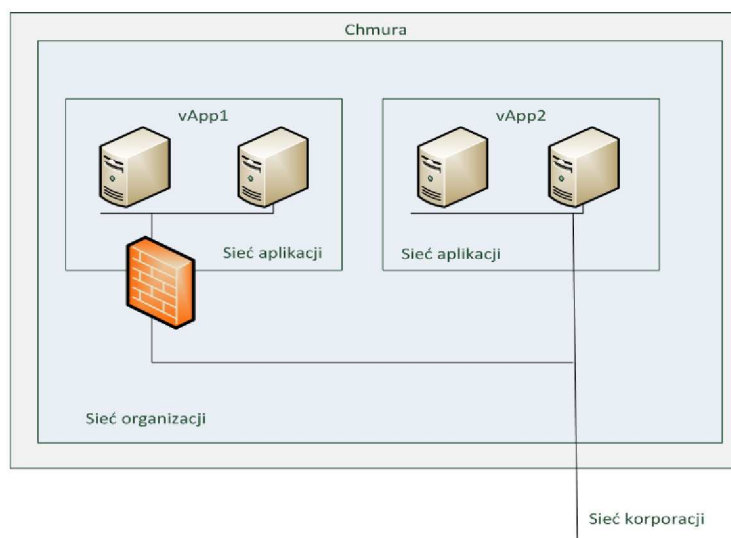
**Rysunek 3. Zależność pomiędzy WCPDD i WCPDO**

Źródło: opracowanie własne na podstawie VMware vCloud® Architecture Toolkit, Private VMware vCloud Service Definition, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Private-VMware-vCloud-Service-Definition.pdf> (odczyt 10.2011).

Kolejnym elementem, który jest niezwykle istotny z punktu widzenia poprawnego działania aplikacji jest konfiguracja sieci. W skład aplikacji opublikowanej w chmurze musi wchodzić:

- konfiguracja połączeń sieciowych pomiędzy maszynami wirtualnymi w ramach jednej aplikacji,
- konfiguracja połączeń sieciowych pomiędzy aplikacjami w ramach jednej organizacji,
- konfiguracja dostępu zewnętrznego do sieci organizacji,
- konfiguracja zabezpieczeń sieci.





**Rysunek 4. Przykład relacji konfiguracji sieci w ramach organizacji**

Źródło: VMware vCloud® Architecture Toolkit, Private VMware vCloud Service Definition, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Private-VMware-vCloud-Service-Definition.pdf> (odczyt 10.2011).

Na rys. 4 przedstawiono przykład konfiguracji sieci w ramach organizacji, w której dwie wirtualne aplikacje mają zagwarantowaną komunikację pomiędzy swoimi składnikami w oparciu o sieci aplikacji oraz udostępniają swoje zasoby na zewnątrz poprzez zabezpieczoną sieć organizacji.

W przypadku chmury niezwykle istotnym elementem są komponenty instrumentacyjne. Wymagania dotyczące elastyczności, automatyzacji procesów i szybkości reakcji narzucają konieczność implementowania (w ramach klastra zarządzającego) komponentu automatyzującego następujące funkcje<sup>5</sup>:

- zarządzanie konfiguracją,
- zarządzanie dostępnością,
- zarządzanie wydajnością i pojemnością,
- zarządzanie incydentami i problemami,
- zarządzanie dystrybucją aplikacji.

Rozwiązania chmury prywatnej oferowane przez Microsoft i VMware są bardzo podobne – obie platformy gwarantują zbliżone funkcjonalności w oparciu o własne oprogramowanie do zarządzania infrastrukturą chmury. Z powodu znikomej liczby implementacji rozwiązań tego typu w obecnej chwili trudno jednoznacznie ocenić, które z nich jest bardziej dopracowane i efektywniejsze. Różnice, które można wyraźnie nakreślić pomiędzy rywalizującymi

<sup>5</sup> VMware vCloud® Architecture Toolkit, Operating a VMware vCloud, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Operating-VMware-vCloud.pdf> (odczyt 10.2011).

ofertami to model licencjonowania i podejście do wyboru platformy wirtualizacyjnej. VMware licencjonuje środowisko na podstawie ilości wykorzystywanej pamięci – Microsoft preferuje model licencjonowania w oparciu o liczbę zainstalowanych procesorów. Dodatkowo Microsoft pozwala oprzeć chmurę prywatną na heterogenicznych rozwiązaniach wirtualizacyjnych, w odróżnieniu od VMware, który dopuszcza zarządzanie tylko własnym hypervisorem. Można przypuszczać, że przy obecnie obowiązujących warunkach licencyjnych, bardziej elastyczne podejście firmy z Redmond będzie korzystniejsze przy rozwijaniu infrastruktury chmury, ze względu na możliwość wykorzystania coraz mocniejszych jednostek obliczeniowych.

#### 4. ASPEKTY EKONOMICZNE USŁUG W CHMURZE

Nowoczesne i sprawnie działające rozwiązania IT bez wątplenia budują przewagę nad konkurentami biznesowymi. Jednak zakup i utrzymanie tego typu rozwiązań wpływa bezpośrednio na koszty w instytucji oraz generowane przez nią zyski. Zwłaszcza w obecnych czasach kryzysu gospodarczego firmy ostrożnie inwestują w nowy sprzęt czy też oprogramowanie. Częściową odpowiedzią na redukcję kosztów związanych z wykorzystaniem rozwiązań IT jest zastosowanie najnowszych możliwości wynikających z takich technologii jak chmura obliczeniowa.

Istnieje kilka aspektów, w których technologia ta sprawdza się doskonale:

- gdy możliwości przetwarzanych danych przez istniejącą w organizacji infrastrukturę okazują się niewystarczające, a koszty jej rozbudowy są zbyt wysokie lub organizacja nie może sobie na nie pozwolić w danym przedziale czasu;
- w sytuacji, gdy zapotrzebowanie na dużą wydajność środowiska IT jest sporadyczne czy też podlega pewnym zakresom czasowym, np. w przypadku wyliczeń robionych pod koniec każdego miesiąca;
- kiedy organizacja nie jest w stanie przewidzieć obciążenia systemów czy też usług znajdujących się w obrębie istniejącej infrastruktury IT lub chciałaby móc zwiększać swoją wydajność w krótkim czasie w sposób dynamiczny;
- kiedy instytucja chce mieć możliwość korzystania z gotowego oprogramowania nie inwestując ani w sprzęt, na którym miałyby ono być zainstalowane, ani w zakup licencji czy też nie chce ponosić kosztów bezpośredniej obsługi administracyjnej,
- w przypadku kiedy instytucja nie posiada odpowiedniego sprzętu i oprogramowania oraz nie dysponuje odpowiednią kadrą administracyjną.

W takich przypadkach instytucja staje przed dylematem, czy opłaca się inwestować w rozbudowę infrastruktury IT (sprzęt, systemy operacyjne, oprogramowanie) czy też może skorzystać z innego rozwiązania. Inwestycja w sprzęt wydaje się najprostszym rozwiązaniem, zostawiającym po sobie ślad w postaci

zakupionej infrastruktury, która zwiększa wartość organizacji i może zostać wykorzystana w długofalowych działaniach. Nie jest to jednak jedyne wyjście zwłaszcza, kiedy zapotrzebowanie na sprzęt, czy też wydajność jest krótkotrwała i wydatki związane z inwestycjami okażą się nieopłacalne.

Alternatywnym rozwiązaniem jest wykorzystanie technologii chmury obliczeniowej. W zależności od zastosowanego rozwiązania, opłaty za korzystanie z tego typu technologii są zróżnicowane. W przypadku PaaS możliwe są dwa rozwiązania związane z opłatami. W pierwszym opłaty są proporcjonalne do stopnia wykorzystania platformy (tzw. model *Pay-as-you-go*), czyli zajętej przestrzeni dyskowej, mocy obliczeniowej i pasma (transfer danych z chmury i do chmury). Taki system opłat ma jedną ważną zaletę, którą jest duża elastyczność związana z opłatami. Dla przykładu planując zapotrzebowanie na wzmożoną wydajność mocy obliczeniowej można tylko na kilka godzin zwiększyć używane zasoby, a po okresie boomu zwolnić zasoby. Rozliczenie w tego typu przypadku naliczone będzie wyłącznie za wykorzystane zasoby. W drugim przypadku instytucja kupuje tzw. pulę zasobów dostępnych w ramach tzw. „paczki” o określonej definicji i cenie.

W przypadku firmy Microsoft, która w technologii PaaS udostępnia usługę Windows Azure ceny zostały zaprezentowane w tabeli 1. Podane ceny należy traktować jako orientacyjne, ponieważ opłaty zależą od wielu czynników, np. aktualnych promocji, rodzajów umów partnerskich czy też lokalizacji klienta.

**Tabela 1. Wielkość instancji obliczeniowej oraz koszt pracy 1 godziny**

Nazwa instancji	CPU	Pamięć	Pojemnik w ramach instancji	Wydajność I/O	Koszt w USD
Mała	1,6 GHz	1,75 GB	225 GB	Umiarkowana	0,12
Średnia	2 x 1,6 GHz	3,5 GB	490 GB	Wysoka	0,24
Duża	4 x 1,6 GHz	7 GB	1,000 GB	Wysoka	0,48
Bardzo duża	8 x 1,6 GHz	14 GB	2,040 GB	Wysoka	0,96

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Microsoft Windows Azure Pricing Overview <http://www.microsoft.com/windowsazure/pricing/>

Ważnym elementem, który należy doliczyć do instancji obliczeniowej są dodatkowe opłaty związane z wykorzystanym transferem czy też przechowywaniem danych lub korzystaniem z rozwiązań bazodanowych typu SQL Azure. Koszty takie prezentuje tab. 2. Należy pamiętać, iż w przypadku niektórych firm, opłaty za transfer związane są z lokalizacją centrów danych – dla przykładu Microsoft rozróżnia dwie strefy lokalizacji: Stany Zjednoczone i Europa oraz reszta świata.

**Tabela 2. Nazwa usługi i jej koszty w przypadku Microsoft Windows Azure**

Oplaty za:	Koszt usługi [USD]
przechowanie gigabajta w Azure Storage	0,15
1 GB danych wysłanych do Azure	0,10
1 GB pobrany z Azure	0,15
SQL Azure o rozmiarze do 1 GB (miesięcznie)	9,99
SQL Azure o rozmiarze do 5 GB (miesięcznie)	49,95

Źródło: opracowanie własne na podstawie: Microsoft Windows Azure Pricing Overview <http://www.microsoft.com/windowsazure/pricing/>

Na stronach udostępniających tego typu usługi, np. Microsoft, istnieją kalkulatory pozwalające na wyliczenie kosztów usługi w zależności od wybranych wariantów wielkości instancji, transferu itp. Należy również pamiętać, iż naliczane są dodatkowe koszty związane z migracją do chmury.

Nie bez znaczenia jest również fakt, że instytucja pozbywa się kosztów TCO związanych z posiadaniem własnej infrastruktury IT, takich jak opłaty związane z utrzymaniem serwerowni, w skład których wchodzi: opłaty lokalizacyjne, prąd, systemy chłodzenia, systemy przeciwpożarowe, systemy zabezpieczeń, obsługa, ochrona fizyczna itp. Przykładowe koszty budowy wybranych centrów danych, jakie miały miejsce w ostatnich dwóch latach przedstawia tab. 3.

**Tabela 3. Największe centra obliczeniowe wybudowane w latach 2009–2010**

Firma	Data	Lokalizacja	Koszt [mln USD]	Powierzchnia [m <sup>2</sup> ]
Internet Villages	07.2009	Annandale, Szkocja	1 600	278 700
National Security Admin.	07.2009	Camp Williams, USA	2 000	92 900
Lockerbie Data Centers	12.2009	Lockerbie, Szkocja	1 500	b.d.
Microsoft	09.2009	Chicago, USA	500	65 000
I/O Data Centers	06.2009	Phoenix, USA	b.d.	50 000
Apple	05.2010	Maiden, USA	1 000	46 450
Microsoft	06.2010	Dublin, Irlandia	500	b.d.
U.S. Social Security Admin	02.2009	Baltimre, USA	400	b.d.
Facebook	02.2010	Prineville, USA	b.d.	28 500
Next Generation Data	03.2010	Cardiff, Walia	301	b.d.

Źródło: The Economics of the Cloud, Listopad 2010, <http://www.microsoft.com/windowsazure/Whitepapers/CloudEconomics> (odczyt 30.11.2011).

Przykładem usług w technologii SaaS oferowanych przez Microsoft jest usługa Office 365, której koszty oscylują w granicach 6 USD na użytkownika na miesiąc w przypadku planu skierowanego dla małych i średnich przedsiębiorstw. Dla dużych instytucji, korzystających z dodatkowego wsparcia i integracji oraz innych rozbudowanych możliwości, koszty wynoszą od 10 USD do 27 USD na użytkownika na miesiąc i zależą od wybranego planu. Drugim przykładem usługi w technologii SaaS jest Microsoft Dynamics CRM, którego koszty wynoszą 44 USD na miesiąc na użytkownika.

Cena samego oprogramowania wykorzystywanego do implementacji chmury obliczeniowej jest znacząca. W tab. 3 przedstawiono zbiorcze koszty licencji oprogramowania dwóch czołowych dostawców rozwiązań dla chmury prywatnej<sup>6</sup>.

**Tabela 4. Przykładowe ceny licencji oprogramowania do implementacji chmury obliczeniowej**

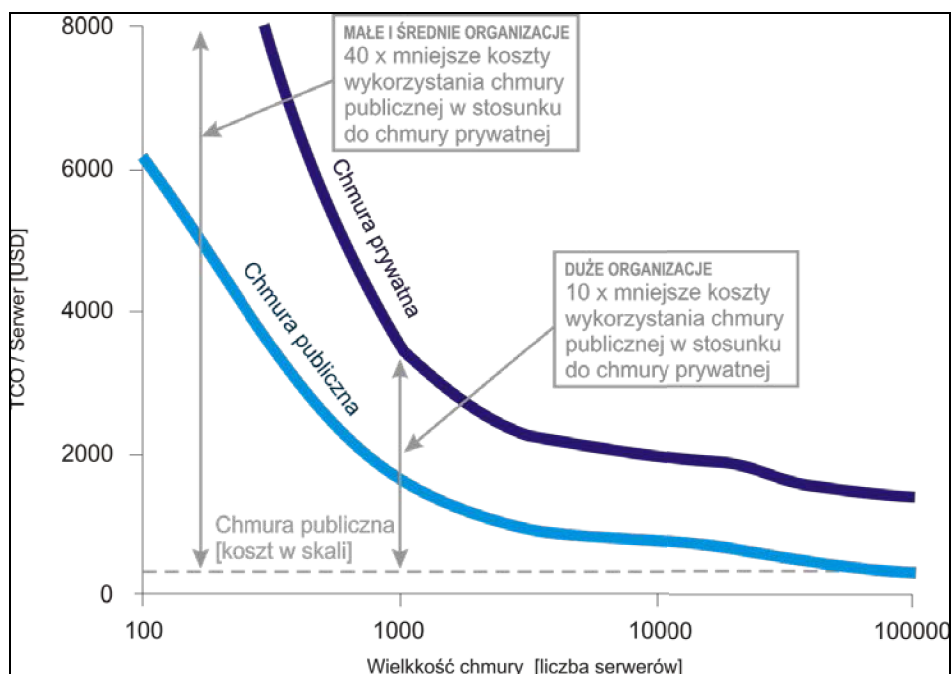
<b>Prywatna chmura</b>	<b>VMware vCloud (3-letnia licencja + SNS) [USD]</b>	<b>Microsoft ECI Datacenter (3-letnia licencja + SA) [USD]</b>
2 hosty, 2 procesory/host, 3 VM/procesor =12 VM	18 000	73 000
2 hosty, 2 procesory/host, 6 VM/procesor =24 VM	18 000	95 000
42 hosty, 2 procesory/host, 6 VM/procesor = 500 VM	388 000	1 870 000

Źródło: opracowanie własne na podstawie VMware Store, <https://www.vmware.com/vmwarestore/>, Microsoft Open License Estimated Retail Price List, <https://partner.microsoft.com/US/40141877>, Microsoft Server and CloudPlatform, Licencing Options, <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/system-center/buy.aspx> (odczyt 25.11.2011).

Sama organizacja musi także zdecydować czy bardziej opłacalne jest dla niej zbudowanie własnej chmury prywatnej, czy też zdecydowanie się na migrację do chmury publicznej. W przypadku małych firm, których zasoby nie przekraczają 100 serwerów, bardziej opłacalne jest przejście do chmury publicznej. W przypadku dużych organizacji bardziej opłacalne wydaje się zbudowanie własnej chmury prywatnej (rys. 5).

Rozwiązania typu Public Cloud doskonale sprawdzają się w przypadku, kiedy firma nie posiada odpowiedniej infrastruktury lub kiedy rozbudowa takiej infrastruktury potrzebnej w określonym czasie staje się nieopłacalna. Nie bez znaczenie są również koszty związane z utrzymaniem obsługi czy też zakupem licencji (dla aplikacji, na serwer, dostępowych dla użytkowników).

<sup>6</sup> Ceny uzyskano z VMware Store, <https://www.vmware.com/vmwarestore/>, Microsoft Open License Estimated Retail Price List, <https://partner.microsoft.com/US/40141877>, Microsoft Server and Cloud Platform, Licensing Options, <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/system-center/buy.aspx> (odczyt 25.11.2011).



**Rysunek 5. Porównanie kosztów związanych z chmurą prywatną i publiczną w zależności od liczby posiadanych serwerów**

Źródło: The Economics of the Cloud, Listopad 2010, <http://www.microsoft.com/windowsazure/Whitepapers/CloudEconomics/> (odczyt 1.12.2011).

Najważniejsze z punktu widzenia kosztów jest możliwość ich dynamicznego kształtowania nie tylko na poziomie licencyjnym, ale także na poziomie utrzymania i administracji. Nie bez znaczenia jest także fakt, że technologia taka zapewnia ciągłość działania oraz bezpieczeństwo. W zależności od wielkości firmy, jej infrastruktury oraz zapotrzebowania na wydajność czy też przechowywanie zasobów instytucja sama podejmuje decyzję o ulokowaniu się w chmurze – prywatnej bądź publicznej. Na stronach czołowych dostawców tychże usług każda instytucja może podając dosyć szczegółowe dane obliczyć (posługując się zamieszczonym kalkulatorem) jakie koszty zostaną poniesione w związku z przejściem do chmury. Koszty te mogą zostać porównane – o ile są znane – z obecnie ponoszonymi kosztami lub z potencjalnie poniesionymi kosztami w przypadku zakupu nowej infrastruktury teleinformatycznej. Niestety nie da się określić złotego środka czy też gotowego przepisu określającego, kiedy i w jakich konkretnie sytuacjach przejście do chmury jest opłacalne dla każdej instytucji – jest to jak już wspomniano sprawa indywidualna.

## 5. ASPEKTY PRAWNE

Wykorzystanie chmury od początku jej istnienia wywołuje wiele obaw i wątpliwości zarówno pod względem prawnym, jak i z punktu widzenia bezpieczeństwa. Chmura obliczeniowa nie jest klasycznym modelem *outsourcingu*, od którego różni się zarówno pod względem organizacyjnym, jak również prawnym.

Umowy zawierane w przypadku chmur obliczeniowych zawierają kilka kluczowych kompletów postanowień, jakimi są:

- regulaminy w chmurze,
- SLA (*Service Level Agreements*),
- kontrakty transgraniczne,
- umowy dotyczące danych (przesyłu i przechowywania).

Dostawcy chmury mający siedzibę w obrębie terytorium Unii Europejskiej oraz państw członkowskich Europejskiego Porozumienia o Wolnym Handlu mają prawny obowiązek przygotowania i przedstawienia regulaminu; w Polsce jest on nałożony artykułem 8 ustawy o świadczeniu usług drogą elektroniczną (UŚUDE)<sup>7</sup>. Jednym z kluczowych elementów umów jest określenie opłat związanych z wykorzystaniem chmury obliczeniowej, jak również w szczególności formy i czasu zmiany tychże opłat. Przeciwnicy tego typu technologii utrzymują, iż czołowe instytucje udostępniające technologię chmury obliczeniowej celowo zawierają klauzule, które umożliwiają im podniesienie cen za usługę w krótkim czasie.

Kolejnym, mogącym budzić sporo kontrowersji składnikiem umów jest kwestia odpowiedzialności za szkody wynikłe z korzystania z chmury obliczeniowej. Standardową praktyką jest zadośćuczynienie w formie bezpłatnego korzystania z usługi przez pewien okres. W przypadku bezpośredniej odpowiedzialności za straty ogranicza się ona do wypłaty odszkodowania w kwocie równej kilku lub kilkunastu miesięcznych opłat za korzystanie z usługi. Na uwagę zasługuje fakt, iż całkowicie wyłączona zostaje odpowiedzialność za faktycznie poniesione szkody jak również utracone korzyści.

Szczególnie interesującym aspektem prawnym jest kwestia licencjonowania aplikacji w chmurze obliczeniowej typu SaaS. Niestety, jak do tej pory nie można znaleźć żadnych orzeczeń sądowych, które mogłyby przedstawić jednoznaczną interpretację obowiązujących uregulowań prawnych. Dodatkowo, problem licencjonowania staje się tym bardziej skomplikowany, jeśli spojrzeć na niego pod kątem różnych rozwiązań technologicznych stosowanych w SaaS. Kwestia licencjonowania jest szczególnie istotna nie tylko z punktu widzenia prawnego, ale także ekonomicznego – a w szczególności podatkowego.

<sup>7</sup> Ustawa z dnia 18 .07. 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną, Internetowy System Aktów Prawnych, <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20021441204> (odczyt 30.11.2011).

W przypadku kosztów związanych z zakupem licencji na program, nie są one zaliczane w koszt działania przedsiębiorstwa, ale podlegają amortyzacji. Jeśli korzystanie z SaaS odbywa się bez licencji powstają normalne koszty pozyskania przychodów.

W części SLA zdefiniowane zostają świadczone usługi informatyczne oraz określone ich parametry. Właśnie w tej części umowy ustala się m.in.: minimalny poziom świadczeń, tj. ich dostępność, wydajność oraz poziom wsparcia ze strony dostawcy. Umowy takie również często zawierają klauzule regulujące poziom bezpieczeństwa danych oraz metody ich ochrony. W szczególności należy się wystrzegać niejasno określonych zasad, które określają takie elementy jak: okresy przestoju zaplanowanego, okresy przestoju niezaplanowanego oraz miesięczny okres działania usługi. W przypadku klauzul dotyczących wsparcia, szczególnie należy zwrócić uwagę na te, które dotyczą reakcji na zgłaszane usterki (np. gwarantowany czas reakcji) oraz możliwość zastosowania metod zaradczych i naprawczych w przypadku wystąpienia awarii. Kluczowym elementem w tej części umowy są uregulowania stanowiące o bezpieczeństwie danych: przechowywaniu, szyfrowaniu, tworzeniu kopii zapasowych oraz pozostałych kwestiach bezpieczeństwa (np. użycie zapory ogniowej, audyt, systemy wykrywania i zapobiegania włamaniom).

W większości międzynarodowych kontraktów dotyczących usług oferowanych w chmurze znaleźć można klauzule wyboru forum i prawa – wybór ten niemal zawsze pada na sądy i prawo właściwe dla siedziby dostawcy. Zarówno w Unii Europejskiej, jak i USA czy Chinach, klauzule tego rodzaju zawarte w umowach pomiędzy dwoma przedsiębiorstwami są respektowane przez sądy.<sup>8</sup> Jest to szczególnie istotne w przypadku wystąpienia na drogę sądową – jeśli w umowie wybrano prawo i forum np. Stanów Zjednoczonych to pozew i proces będzie musiał toczyć się właśnie w tym kraju.

Niemniej istotne wydają się klauzule zawierające informacje dotyczące przetwarzania danych, gdyż dane te w przypadku chmury obliczeniowej są przechowywane i przetwarzane na zewnątrz instytucji. Utrata tychże danych może podlegać nawet sankcjom karnym w przypadku naruszenia bezpieczeństwa danych osobowych. Dlatego tego typu umowy powinny jasno regulować prawa własności do danych przechowywanych w chmurze. Ważne jest również, aby w umowie znalazła się klauzula, na mocy której dostawca chmury obliczeniowej zobowiązuje się do niewykorzystywania danych umieszczanych w chmurze. Na mocy polskiego prawa (art. 222 ust. 1 kodeksu cywilnego), właściciel rzeczy (czyli także danych) ma prawo żądać, od osoby *de facto* władającej tą rzeczą, jej wydania. Umowa powinna również regulować kwestię odzyskiwania danych po zakończeniu współpracy z dostawcą (brak tego rodzaju

---

<sup>8</sup> Kontrakty transgraniczne, [http://radcaprawny-ciesla.pl/cc\\_umowy-global.html](http://radcaprawny-ciesla.pl/cc_umowy-global.html), (odczyt 30.11.2011).



postanowień może poważnie naruszyć bezpieczeństwo przechowywanych danych). Ze względu na to, że w chmurze mogą być przechowywane wartościowe dane, niezwykle istotne jest zawarcie dokładnych klauzul dotyczących ochrony tych danych, a w szczególności regulacji zagadnień technicznych dotyczących wprowadzanych zabezpieczeń. Oddzielne regulacje powinny deklarować sposób postępowania w przypadku ujawnienia danych oraz w trakcie ustalania winnego tego typu incydentu.

Należy również pamiętać, iż polskie prawo zabrania transferu danych osobowych do krajów znajdujących się poza Unią Europejską z następującymi wyjątkami<sup>9</sup>:

- państwo, na terenie którego będą przechowywane dane osobowe zapewni i odpowiedni poziom zabezpieczeń (wymieniane są tutaj takie kraje jak: Argentyna, Australia, Guernsey, Izrael, Jersey, Kanada, Szwajcaria, Wyspa Man, Wyspy Owcze) lub,
- dostawca mający dokonać tego transferu do Stanów Zjednoczonych wykona go do podmiotu zgodnego z zasadami „Safe Harbor”<sup>10</sup> lub,
- właściciel danych osobowych wyraził zgodę na transfer danych w mniej bezpieczne miejsce lub,
- dostawca, który dokonuje takiego transferu danych osobowych poza kraje UE zawarł w umowie z właścicielem danych modelowe klauzule zaaprobowane przez UE.

Transfer danych osobowych wiąże się z dużym ryzykiem zarówno dla dostawcy, jak i odbiorcy – mogą być oni pociągnięci do odpowiedzialności karnej, jeżeli dane te zostaną ujawnione.

Należy pamiętać, że tak jak w przypadku każdej umowy, powinna ona być korzystna dla obu stron, a co najważniejsze zgodna z obowiązującym prawem, aby nie narażać na odpowiedzialność karną żadnej ze stron już z samego faktu jej podpisania.

## 6. PODSUMOWANIE

Pod względem technicznym chmury obliczeniowe stały się rozwiązaniami, które można uznać za dojrzałe. Formułowane jeszcze parę lat temu pytanie „czy chmura działa?” straciło na znaczeniu. Aktualnie zdecydowanie ważniejsze jest

---

<sup>9</sup> Dyrektywa 95/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1995L0046:20031120:PL:PDF> (dostęp:30.11.2011), *Zasady przekazywania danych osobowych do państw trzecich*, [http://www.giodo.gov.pl/163/id\\_art/1519/j/pl/](http://www.giodo.gov.pl/163/id_art/1519/j/pl/) (odczyt 22.11.2011).

<sup>10</sup> U.S.-EU Safe Harbor Framework Documents, [http://export.gov/safeharbor/eu/eg\\_main\\_018476.asp](http://export.gov/safeharbor/eu/eg_main_018476.asp) (odczyt 30.11.2011).

znalezienie odpowiedzi na pytanie, co chmura może zaoferować i jakie przynosi korzyści.

Nie ma wątpliwości, że model obliczeń w chmurze jest godny uwagi. Trudno jednak powiedzieć, jakie kierunki rozwoju tej technologii przyniosą najbliższe lata. Prognozy wskazujące na coraz szerszą popularyzację tychże usług mogą okazać się nazbyt optymistyczne. Po pierwsze, trudno pominąć obawy potencjalnych klientów przed powierzaniem danych chmurze. Po drugie, gwarancje realizacji usług jak i sposoby ich rozliczania muszą być przewidywalne (wprowadzona np. przez Microsoft zasada informowania o planowanych zmianach z jednorocznym wyprzedzeniem jest próbą odpowiedzi na obawy potencjalnych klientów). Aktualnie obowiązujące modele sprzedaży usług mogą w przyszłości okazać się nieopłacalne dla dostawców, np. ze względu na wciąż wzrastającą moc obliczeniową procesorów. Po trzecie, obowiązujące uregulowania prawne ograniczają obszary zastosowań chmury obliczeniowej. Wymusza to na dostawcach usług i potencjalnych klientach poszukiwanie rozwiązań zgodnych z prawem (np. otwieranie centrów obliczeniowych na terytorium danego kraju), które równocześnie będą ekonomicznie uzasadnione. Upowszechnienie wykorzystania chmur obliczeniowych wymaga przede wszystkim zmiany sposobu myślenia o posiadanej infrastrukturze teleinformatycznej i o sposobie realizacji usług.

#### BIBLIOGRAFIA

- Dyrektywa 95/46/WE Parlamentu Europejskiego i Rady, <http://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CONSLEG:1995L0046:20031120:PL:PDF>
- Golański A., *Po nalocie FBI na DigitalOne: jak zabezpieczyć usługi hostingowe przed zagrożeniami spoza świata IT?* <http://webhosting.pl/Po.nalocie.FBI.na.DigitalOne.jak.zabezpieczyc.uslugi.hostingowe.przed.zagrozeniami.spoza.swiata.IT>
- Kontrakty transgraniczne, [http://radcaprawny-ciesla.pl/cc\\_umowy-global.html](http://radcaprawny-ciesla.pl/cc_umowy-global.html)
- Mell P., Grance T., *The NIST Definition of Cloud Computing*, The National Institute of Standards and Technology <http://csrc.nist.gov/publications/nistpubs/800-145/SP800-145.pdf>
- Microsoft Open License Estimated Retail Price List, <https://partner.microsoft.com/US/40141877>
- Microsoft Server and Cloud Platform, Licensing Options, <http://www.microsoft.com/en-us/server-cloud/system-center/buy.aspx>
- Microsoft Windows Azure Pricing Overview <http://www.microsoft.com/windowsazure/pricing/>
- Sucha A., *Chmura musi mieć fundament*, <http://www.crn.pl/artykuly/wywiady/chmura-musi-miec-fundament?searchterm=chmura%20musi%20mie%C4%87%20fundament>
- The Economics of the Cloud, Listopad 2010, <http://www.microsoft.com/windowsazure/Whitepapers/CloudEconomics>
- U.S.-EU Safe Harbor Framework Documents, [http://export.gov/safeharbor/eu/eg\\_main\\_018476.asp](http://export.gov/safeharbor/eu/eg_main_018476.asp)
- Ustawa z dnia 18.07. 2002 r. o świadczeniu usług drogą elektroniczną, Internetowy System Aktów Prawnych, <http://isap.sejm.gov.pl/DetailsServlet?id=WDU20021441204>

VMware vCloud® Architecture Toolkit, Architecting a VMware vCloud, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Architecting-VMware-vCloud.pdf>

VMware vCloud® Architecture Toolkit, Private VMware vCloud Service Definition, <http://www.vmware.com/files/pdf/vcat/Private-VMware-vCloud-Service-Definition.pdf>

*Zasady przekazywania danych osobowych do państw trzecich*, [http://www.giodo.gov.pl/163/id\\_art/1519/j/pl/](http://www.giodo.gov.pl/163/id_art/1519/j/pl/)

*Piotr Czerwonka, Tomasz Lech, Grzegorz Podgórski*

### **CLOUD COMPUTING**

Cloud computing is an approach to computing that leverages the efficient pooling of on-demand, self-managed virtual infrastructure that is consumed as a service.

The launch of this model of data processing requires the appropriate hardware and software infrastructure, which currently are very expensive. Another problem is the law that is not adapted to modern IT solutions. Nevertheless, cloud computing is the fastest growing part of the IT market.

This article provides information about benefits and limitations of public and private cloud computing. It focuses on definition of cloud computing, describing proposed solutions for private cloud computing offered by leading software manufacturers and financial and law factors that can decide about successful migration to the cloud.