



## Blizsza chmura, czyli usługi obliczeniowe we mgle

dr inż. WOJCIECH NOWAKOWSKI, prof. IMM

Instytut Maszyn Matematycznych, Warszawa

Usługi chmury obliczeniowej stały się już popularne. Okazało się jednak, że *Cloud Computing*, czyli *chmura obliczeniowa* lub *przetwarzanie danych w chmurze* ma pewne wady, które szczególnie wyraźnie wystąpiły w wyniku szybkiego rozpowszechnienia się zastosowań mobilnych i nowych internetowych technologii sieciowych. By przedstawić problem, przypomnijmy na czym polegają obliczeniowe usługi chmurowe.

### Cloud Computing (chmura obliczeniowa)

*Cloud Computing* to po prostu *obliczanie* (czy szerzej, przetwarzanie danych) w *chmurze*, czyli nie wiadomo gdzie. Ale na pewno nie tam, gdzie jesteśmy razem ze swoim sprzętem: komputerem czy laptopem. Mówiąc krótko: nasz sprzęt jest tylko końcówką, urządzeniem wejścia-wyjścia, resztę mamy gdzieś. A to oznacza w istocie wolność: niepotrzebne nam serwerownie, aktualizacje oprogramowania lub ich reinstalacje, odyskiwanie danych i dbanie o ciągłe, bezprzerwowe zasilanie grożące utratą danych.

*Cloud Computing* nie jest ani nową technologią, ani nowym pomysłem. Jest to po prostu model zdecentralizowanego przetwarzania danych za pomocą usług zewnętrznych. Model przecież najbardziej pierwotny, który powstał u zarania informatyki, w połowie ubiegłego wieku, kiedy to dostęp do zasobów obliczeniowych wielkich ówczesnych komputerów uzyskiwano za pomocą prostych urządzeń końcowych. Korzystanie na przykład z dużych centrów obliczeń numerycznych, w których pracowały te wielkie komputery, polegało na kupowaniu usług przetwarzania danych – dostarczało się fizycznie wsad do obliczeń (taśmy lub pakiety kart dziurkowanych), a wyniki odbierało się w postaci wielostronicowych wydruków.

Dopiero pojawienie się komputerów osobistych połączonych w sieci informatyczne, lokalne i zdalne, wprowadziło nowe możliwości rozproszonego przetwarzania danych i rozwoju zdalnych mocy obliczeniowych. Tak naprawdę jedyną nowością jaką wniosła ogłoszona w roku 2010 technologia *Cloud Computing* to romantyczna nazwa, bo wzrost szybkości i mocy zdalnego przetwarzania to raczej skutek rozwoju technologii informatycznych w ogóle. W technice jednak zmiana skali stwarza często nową jakość. Przypomnijmy sobie, że pierwotne układy logiczne na tranzystorach dyskretnych lub w prostych układach scalonych (np. TTL – kto jeszcze pamięta ten skrót) są funkcjonalnie identyczne z tymi, które milionami „siedzą” w najnowszych procesorach czterordzeniowych. Tam ich są jednak miliony na 1 mm<sup>2</sup>. I ta zmiana skali to w istocie stworzenie nowego świata.

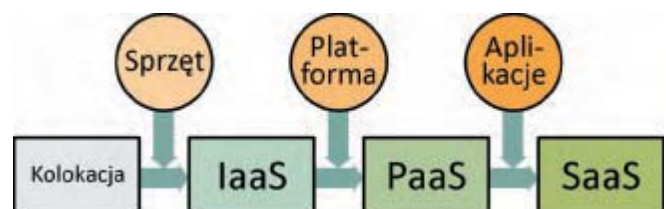
*Cloud Computing* to właśnie coś nowego w sensie skali. To system przetwarzania danych, w którym wiele różnych pod-

miotów oferuje wielu klientom usługi i zasoby infrastruktury IT (serwery, dane, aplikacje) w sposób masowy i skalowalny, tzn. zapewniający sprawne działanie w warunkach rosnącej liczby użytkowników, zwiększającej się objętości przetwarzanych danych lub rozrostu ilości węzłów sieci komputerowej. Klienci uzyskują dostęp do mocy obliczeniowych, danych i aplikacji w niemal realnym czasie i mogą zaprzestać korzystania z tych usług w dowolnej chwili.

Dla jasności można w odniesieniu do chmury sformułować jej pięć ważnych cech:

- **Samoobsługa na żądanie.** Korzystanie z usług na własne życzenie, bez pomocy czy współdziałania z dostawcą usług
- **Szeroki dostęp do sieci.** Dostęp do interfejsu użytkownika realizowany jest za pomocą standardowej przeglądarki internetowej, bez szczególnych wymagań systemowych lub konieczności instalowania dodatków
- **Łączenie zasobów.** Możliwe jest współdzielenie zasobów i kosztów na dużą liczbę użytkowników. Usługa *Cloud computing* może łączyć zasoby znajdujące się w zupełnie różnych fizycznych lokalizacjach. Ponadto umożliwia ich zwiększanie lub zmniejszanie w zależności od bieżącego zapotrzebowania.
- **Elastyczność.** Zapewnione jest szybkie zwielokrotnienie dostępu do zasobów w razie potrzeby i możliwość natychmiastowej z nich rezygnacji kiedy nie są już potrzebne
- **Rozliczanie według użycia.** Za korzystanie z usług w chmurze się płaci, ale tylko za konkretnie wykorzystane zasoby (abonament za oprogramowanie aplikacyjne, zużytą moc obliczeniową, transfer czy wykorzystaną przestrzeń dyskową).

Najbardziej prymitywną formą uczestnictwa w chmurze jest *kolokacja*. Polega ona na tym, że przenosimy swój sprzęt komputerowy wraz z oprogramowaniem do wynajętej serwerowni, w której korzystamy ze środowiska i dostępu do internetu. Pełniejsze stopnie integracji z chmurą zapewniają dopiero trzy kolejne, główne modele (rys. 1):



Rys. 1. Główne modele integracji komputera z chmurą  
Fig. 1. The main models of computer integration with the cloud



- **IaaS** (*Infrastructure as a Service*). Usługa polega na dostarczeniu klientowi serwera i zasobów pamięci masowej z opcją zdalnego dostępu i serwisowania.
- **PaaS** (*Platform as a Service*). Usługa obejmuje dostarczenie platformy aplikacyjnej, oraz
- **SaaS** (*Software as a Service*). Usługodawca dostarcza oprogramowanie aplikacyjne bez konieczności zakupu licencji, płaci się jedynie za każdorazowe lub okresowe używanie aplikacji.

Od kilku lat *cloud computing* rozwija się dynamicznie. Powstają nowe modele usług będące zarówno produktami o wysokiej specjalizacji, jak i usługi proste, uniwersalne, bardzo tanie lub darmowe, dedykowane odbiorcom masowym. Z *cloud computing* korzystają na przykład takie firmy jak Coca-Cola Enterprises, Citigroup Inc., Eli Lilly and Company, Starbucks Corp., Jaguar Land Rover, Kia Motors Corp., Time, Warner Bros., Walt Disney Company, Associated Press, GlaxoSmithKline. Usługodawcami z kolei są takie firmy jak Google Inc., Amazon Inc., Salesforce Inc., Microsoft Corp., IBM Corporation, Oracle Corporation, Accenture, czy Fujitsu.

Rosnąca popularność informatyki „w chmurze” wynika m. in. ze stanu gospodarki światowej i redefiniowania roli działów IT w firmach. Ogólnosiwiatowy kryzys powoduje coraz większą presję a cięcie kosztów, przy jednoczesnym wzroście efektywności. *Cloud computing* to właśnie umożliwia.

Chmura pozwala na elastyczne dopasowywanie się do wymogów rynku.

Elastyczność ma jednak swoje granice. Zwłaszcza wtedy, gdy następuje lawinowy wzrost liczby obiektów sieciowych, który wynika z rozpowszechnienia się technologii mobilnych. Chmura obliczeniowa nie jest w zasadzie nie „skrojona” na mobilność. Tymczasem prognozy rozwoju informatyki mobilnej (np. Cisco Systems) przewidują, że do roku 2020, a więc w ciągu najbliższych pięciu lat, do sieci internetowej dołączy 50 miliardów inteligentnych obiektów – laptopów, smartfonów, wszelkiego rodzaju czujników stanu mieszkań, budynków i pojazdów, czujników ruchu i obecności, identyfikatorów, kamer, inteligentnych etykiet na wszelkich produktach. To problem megaskali. Żadna chmura obliczeniowa nie będzie w stanie obsłużyć takiej rzeczywistości.

## Fog Computing (mgła obliczeniowa)

Sposobem na rozwiązanie tego problemu jest przesunięcie lub powielenie węzłów i usług chmury ku jej brzegom lub nawet nieco bliżej ziemi i stworzenie bliższej użytkownikom, choć również niewidzialnej, zwirtualizowanej platformy informatycznych usług sieciowych w warstwie pośredniej. Usługi takie mają kluczowe znaczenie dla wsparcia narastającej fali wdrożeń mobilnego internetu, którym niezbędna jest świadomość lokalizacji, interakcja w czasie rzeczywistym oraz małe opóźnienie informacji przy bardzo dużej liczbie różnorodnych węzłów.

*Fog Computing* (mgła obliczeniowa) jest więc architekturą sieciową, która zapewnia jednemu lub wielu współpracującym użytkownikom końcowym dostęp do pobliskich urządzeń brzegowych chmury obliczeniowej, a więc dostęp do zasobów pamięci w pobliżu (a nie wewnątrz chmury), komunikację lokalną (zamiast korzystania ze szkieletowej sieci internetowej) oraz bezpośredniego sterowania, konfiguracji, pomiarów i zarządzania.



**Rys. 2. Modele przetwarzania danych w chmurze – bezpośredni i poprzez warstwę pośrednią mgły**  
**Fig. 2. Modelos of cloud computing – direct and through an intermediate layer of fog**

*Fog Computing* zapewnia, jak już wspomniano, usługi obliczeniowe zlokalizowane na krawędzi, a nie w centrum chmury. W porównaniu do *cloud computing*, *fog computing* wykorzystuje bliskość użytkowników końcowych i dopasowuje się do ich potrzeb. Zagęszcza geograficzne rozmieszczenie oraz łączy zasobów lokalnych, redukuje opóźnienia i poprawia analizę szybkich strumieni danych, zapewniając ich redundancję np. w przypadku awarii.

*Fog Computing* to przyszłość informatyki. Począwszy od 2011 roku sprzedaje się już więcej smartfonów i tabletów niż komputerów klasycznych i laptopów. Urządzenia mobilne wkrótce staną się dominującą platformą obliczeniową na całym świecie. Już dziś te urządzenia są użytkowo równoważne laptopom sprzed zaledwie 2–3 lat, gdyż prezentują w sobie szereg zalet: żywotność baterii, pojemność pamięci, wszechstronność hardware'u (czujniki ruchu, położenia, nacisku, moduł GPS, itd.), parametry sieciowe i dużą liczbę aplikacji. Standardowa technika obliczeniowa staje się coraz bardziej odległa od nowoczesnych technologii, wyniku czego nawet profesjonalni użytkownicy zmieniają priorytety. Jako przykład może służyć deklaracja armii Stanów Zjednoczonych o przyjęciu platformy mobilnej Android firmy Google Inc. jako oficjalnego oprogramowania w projekcie *Handheld Computing Environment* jako *US Army Joint Battle Command Platform (PM JBC-P)*.

W klasycznym modelu połączenia z chmurą są często przeciążone lub po prostu słabe, zwłaszcza z urządzeniami



beprzewodowymi krótkiego zasięgu. Pewne klasy tych połączeń, jak np. w usługach zdalnego monitorowania zdrowia i ratownictwa wymagają ponadto bardzo małych opóźnień transmisji. *Fog Computing* rozwiązuje również te problemy, związane z zatorami i opóźnieniami. Zapewnia przetwarzanie danych i zasoby pamięciowe blisko, na brzegu sieci. Zapewnia przy tym platformę do zarządzania i obsługi rozproszonych struktur funkcjonalnych w czasie rzeczywistym, w tym szybko rosnącej populacji inteligentnych etykiet różnego rodzaju.

*Fog Computing* umożliwia wprowadzenie całej gamy aplikacji i usług zarówno przemysłowych jak i powszechnych w różnych dziedzinach. W inteligentnej dystrybucji energii ważne są aplikacje równoważenia obciążenia energetycznego z włączaniem alternatywnych źródeł energii, czy inteligentne sterowanie ruchem drogowym, a także np. wykrywanie migających świateł pojazdów uprzywilejowanych lub nadzorowanie ruchu kolejowego z wykrywaniem lokalnych zagrożeń na szlaku i natychmiastowego na nie reagowania. Po wdrożeniu rozwiniętej architektury *Fog Computing*, klienci i dostawcy z różnych branż będą mogli uruchamiać i zarządzać aplikacjami wprost na przemysłowych urządzeniach sieciowych. A ponieważ obsługa danych jest blisko źródeł, obsługa ogromnej ilości danych powstających w hipersieci o milionach węzłów staje się możliwa. Będziemy więc świadkami niebywałego wzrostu skali innowacji. W literaturze przedmiotu przewiduje się, że sieć stanie się samoucząca, samorganizująca i samonaprawiająca.

Tak naprawdę to perspektywa niepokojąca, trochę jakby orwellowska. Czy może np. dojść do wojny „mglistej SIECI” z ludźmi? Nawet roboty byłyby wtedy zbędne – SIEĆ sama może nam „wylączyć” nasze środowisko: energię, wodę i komunikację. Szczęśliwie taka perspektywa wydaje się odległa. Przed nami widać już teraz *Internet of Things* (IoT) i *Internet of Everything* (IoE), czyli Internet Rzeczy oraz Internet Wszelkich Rzeczy.

## Internet of Thing

Termin *Internet Rzeczy* (ang. *Internet of Thing*, IoT) został po raz pierwszy użyty w 1999 roku przez Kevina Ashtona z *Auto-ID Center* w Massachusetts Institute of Technology, współtwórcy globalnego systemu identyfikacji wyrobów w standardzie RFID (ang. *Radio-Frequency IDentification*). Standard ten opiera się na odbieraniu drogą radiową danych ze tzw. znaczników (tagów) czyli elektronicznych czujników-etykiet, znajdujących się na identyfikowanych obiektach, które obecnie są już szeroko stosowane w światowej gospodarce do bardzo różnorodnych celów. W instytucjach rządowych na przykład stosuje się je w paszportach, prawach jazdy, kartach zdrowia itd, w transporcie publicznym w metrze, tramwajach, pociągach i autobusach, w znakowaniu zwierząt (bydła, zwierząt domowych, a nawet pszczoł), w płatnościach (bezstykowe karty bankowe), a także w różnych środowiskach przemysłowych (logistyka, magazyny, kontrola dostępu, rejestracja czasu pracy, usługi parkingowe, dostęp do aplikacji komputerowych. Tagami RFID można znakować odzież, nieruchomości, a nawet ludzi.

*Internet of Thing* może interpretowany jako świat inteligentnych przedmiotów, mogących odczuwać i reagować na środowisko oraz przetwarzać i pamiętać informacje cyfrowe,

a także przesyłać te informacje do innych przedmiotów (i, tym samym, do ich użytkowników) za pośrednictwem protokołów internetowych. W 2010 roku uważano, że w ciągu kilku najbliższych wówczas lat więcej niż 100 miliardów urządzeń będzie kontaktować się z szeroko rozumianą „chmurą”.

Już wtedy pojawiły się ciekawe definicje tego zjawiska. Np. Ricardo Murer z tink-tanku *The Internet of Things Council* napisał, że „Internet Rzeczy to otwarta i rozległa sieć inteligentnych obiektów, które mają zdolność do auto-organizowania wymiany informacji, danych i zasobów, reakcji i działania w obliczu sytuacji, oraz zmian w otoczeniu” Z kolei pisarz Bruce Sterling na określenie obiektu Internetu Rzeczy wprowadził futurystyczny termin *spime* oznaczający „identyfikowalny obiekt, świadomy swojego położenia oraz otoczenia, które inicjuje i autodokumentuje oraz przesyła dane o sobie i swoim środowisku w dużej ilości” (oryg. *an object of unique identification, aware of its location, its environment, that initializes and auto-documents itself and launches data about itself and its environment in large quantities*). Epatowano czytelników popularnych gazet wizjami nowego, wygodnego życia w zinformatyizowanym świecie: „Lodówka, zamawiająca w sklepie brakujące produkty! Samochód, który bez udziału kierowcy wysyła do najbliższej stacji benzynowej komunikat o zapotrzebowaniu na paliwo! Dom, który pod naszą nieobecność, sam zamyka szczerlnie wszystkie okna przed deszczem!”...

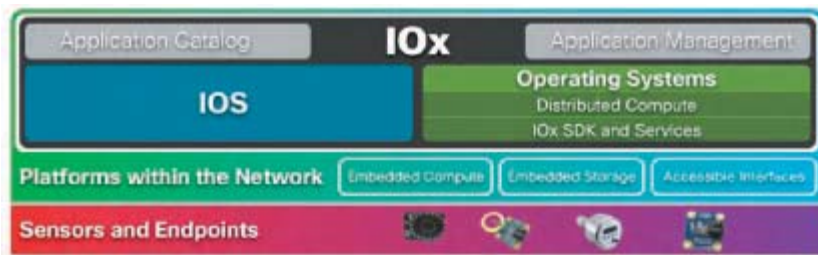
Prognozy te okazały się zbyt optymistyczne. Po pierwsze z powodu niewystarczających parametrów chmur obliczeniowych, których możliwości już się niewystarczające. Po drugie – z braku profesjonalnych rozwiązań sprzętowych i oprogramowania – czyli sprawnej infrastruktury sieciowej. *Internet of Thing* jest raczej ideą, która trzeba dopiero zrealizować, a kilka najbliższych lat to zaledwie początek tej drogi.

Właśnie zdefiniowanie *mgły* jako warstwy pośredniej do *chmury* stworzyło możliwości rzeczywistego startu *Internetu Rzeczy*. Chmura ma bowiem kilka istotnych wad – ograniczoną przepustowość, w końcu pionowej struktury, brak mobilności, strumieniowego przesyłu danych oraz bezprzewodowego dostępu. Chmura składa się ze zdalnie sprężonych serwerów. Mgła wykorzystuje miejscowe połączenia komputerów. Przetwarzanie i aplikacje są zlokalizowane nisko, a jej elementy mogą komunikować się bezpośrednio. Inne cechy charakterystyczne dla mgły to współpraca urządzeń w czasie rzeczywistym, a nie wsadowo, szerokie rozproszenie inteligencji, obsługa wielkiej liczby elementów (czujników i węzłów), małe opóźnienia transmisji, bliskość lokalizacji elementów i świadomość otoczenia. Co więcej, tak jak jest to w przyrodzie, zarówno mgła i chmura mogą występować jednocześnie, ponieważ duże aplikacje będą prawdopodobnie wykorzystywać zalety lokalnego charakteru mgły jak i globalny charakter chmury.

## Platforma IOx

W styczniu 2014 roku w trakcie największych targów elektroniki użytkowej CES (Consumer Electronics Show) w Las Vegas prezes Cisco Systems John Chamber przedstawił prognozę firmy na temat wielkości rynku, który zostanie wygenerowany przez *Internet Rzeczy* do 2020 roku na 19 bilionów (19 000 000 000 000) USD. Ponieważ Cisco Systems jest firmą wiodącą w technologiach sieciowych nikt nie zlekceważył





Rys. 3. Poglądowe przedstawienie zawartości platformy IOx. Źródło: Cisco Systems  
Fig. 3. IOx platform content. Source: Cisco Systems

tej zapowiedzi. Tym bardziej, że w Cisco Systems już od kilku lat prowadzi się intensywne prace dotyczące oprogramowania systemowego i narzędziowego dla koncepcji Internetu Rzeczy z wykorzystaniem *Fog Computing*. Firma rozwija na przykład architekturę **IOx**, która umożliwia wdrażanie na skalę przemysłową rozwiązań tworzących *Internet of Things*. Platforma IOx stanowi połączenie wiodącego w zastosowaniach przemysłowych sieciowego systemu operacyjnego IOS, z Linuksem – najbardziej zaawansowanym systemem operacyjnym typu *open-source*.

Architektura IOx jest dla Cisco kluczowym elementem realizacji *mgły obliczeniowej*. Umożliwia ona uruchamianie aplikacji i systemów operacyjnych różnych producentów bezpośrednio na platformie sieciowej. Ma to kluczowe znaczenie dla architektury IoT, w której pamięć masowa i moc obliczeniowa muszą być instalowane jak najbliżej „rzeczy”, czyli różnego rodzaju urządzeń końcowych lub czujników. Ma to zapewnić niezawodność, bezpieczeństwo i skalowalność aplikacji oraz wdrożeń, stwarzając tym samym różnym firmom możliwość przetwarzania, przechowywania i analizy danych na brzegu chmury. Bo jakkolwiek w realizację setek tysięcy elementów i podzespołów Internetu Rzeczy może się włączyć tysiące firm, to rdzeń tej sieci, czyli m. in. systemy operacyjne mogą tworzyć tylko giganci. Platforma IOx jest już podstawą infrastruktury *Fog computing* w wielu firmach, m. in. w GE (Predix™), Itron, OSISoft (PI), Intel, WindRiver, smartFOA, Tieto, Bitstew, Davra, SK Solutions czy Rockwell Automation

## Internet Wszechrzeczy, czyli krok następny

*Internet Rzeczy* to jednak tylko początek sieciowej rewolucji powszechnej. W maju ubiegłego roku, w trakcie spotkania otwartej konferencji MobileMonday (MoMo) w Düsseldorfie, specjaliści Cisco Systems przedstawili koncepcję Internetu Wszechrzeczy (Internet of Everything, IoE). IoE ma być siecią łączącą „wszystko ze wszystkim”. Maja być połączone ze sobą już nie tylko rzeczy, ale także ludzie (za pośrednictwem smartfonów, laptopów i tabletów; również czujników na skórze lub w ubraniach przekazujące dane, np. zdrowotne czy sportowe), dane i procesy (technologiczne, biznesowe czy organizacyjne).

Według Cisco w Internecie Wszechrzeczy kluczową rolę ma pełnić SUPERSIEĆ. Inteligentna, łatwa w zarządzaniu i bezpieczna infrastruktura, skalowalna tak, by mogła obsługiwać miliardy urządzeń. Ta inteligentna sieć ma nasłuchiwać, uczyć się i reagować. Ma wytrzymać globalny ruch w centrach danych na poziomie 6 Zbajtów (Z, zetta to  $10^{21}$ ).

Poczekamy, zobaczymy. Wiadomości te budzą jednak wątpliwości – straszne to, czy śmieszne?

## Internet Wszechrzeczy

Co to jest Internet Wszechrzeczy? To sieć informatyczna, która łączy to, co dotychczas pozostawało niepołączone. Raymond Kurzweil – amerykański naukowiec, pisarz, futurolog, propagator idei transhumanizmu, pionier w dziedzinie OCR, syntezy mowy, rozpoznawania mowy i elektronicznych instrumentów klawiszowych, który w 2009 r. wraz z NASA i Google stworzył wydział futurologii na Singularity University w Dolinie Krzemowej w Kalifornii powiedział, że XXI wieku tempo rozwoju technologii będzie 1000 razy większe niż w XX wieku. Gwałtowny rozwój technologii spowoduje m. in., że w niedalekiej przyszłości nie będziemy łączyć tylko urządzeń, których używamy – połączone będzie wszystko i to w szerszym zakresie. We współczesnym świecie ponad 99% rzeczy pozostaje niepołączonych. Połączenie i interakcja nowych ludzi, procesów, danych i rzeczy w Internecie Wszechrzeczy przyniesie niebywałe efekty i wspaniałe możliwości.

## Zakończenie

Na pytanie czy liczyć w chmurze, czy we mgle odpowiedź jest jedna: i tu i tu. Tyle, że nikt się nas nie będzie o to pytał. Rozwój technologii internetowych i sieciowych będzie niezależny od nas nieokiełznany. Decyduje tylko rynek i spodziewane zyski. Jak zwykle, za rozwojem technik nie będzie nadać prawo i nauki społeczne. Będziemy więc mieli bardziej automatycznie, szybciej i wygodniej, ale czy lepiej – nie wiadomo. Bo wizja rządów komputerów nad ludźmi budzi nie mniejszy strach, niż radiowe *śluchowisko* „Wojna światów” Orsona Wellesa z 1938 roku.

## Literatura

- [1] R. Czajkowski, W. Nowakowski: Technologie komunikacji cyfrowej bliskiego zasięgu, Elektronika – konstrukcje, technologie, zastosowania nr 2/2015.