

PARADYGMAT CLOUD COMPUTING W LOGISTYCE

Wstęp

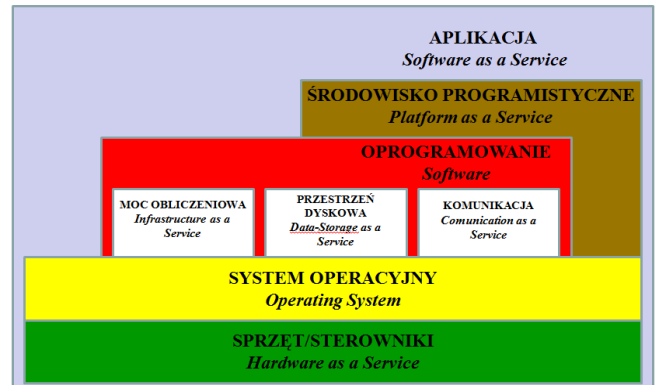
Pojęcie "przetwarzanie w chmurze" (*cloud computing* - CC), zgodnie z definicją amerykańskiego Instytutu Standardów i Technologii (*National Institute of Standards and Technology* - NIST) oznacza takie przetwarzanie, które poprzez dogodny dostęp do infrastruktury sieciowej dostarcza na żądanie (*on-demand*) współdzielony zestaw konfigurowalnych zasobów przetwarzania, takich jak: sieć, serwery, przestrzeń do składowania danych, oprogramowanie i usługi.²

Zatem przetwarzanie w chmurze jest świadczeniem określonych usług informatycznych za pośrednictwem infrastruktury sieciowej w sposób mierzalny, a ponieważ przetwarzanie w chmurze ma charakter mierzalny (liczba przesłanych bajtów, czas korzystania itp.), dlatego odbiorca usługi płaci tylko za rzeczywiste korzystanie z zasobów (*pay per use*).³ Ponadto usługobiorca zwykle nie posiada wiedzy o tym, w jaki sposób odbywa się cały proces dostarczania zasobów oraz gdzie fizycznie znajdują się poszczególne elementy całej infrastruktury przetwarzania.

Całość tak rozproszonej, ale powiązanej ze sobą zaawansowanej technologicznie infrastruktury informatycznej nazywana jest potocznie „chmurą” składającą się z serwerów, aplikacji, sieci światłowodów, itp., do której dostęp uzyskuje się za pośrednictwem Internetu. Strukturę przetwarzania w chmurze można przedstawić za pomocą pięciu warstw, co przedstawiono na rysunku 1.

Trzy pierwsze warstwy zalicza się do elementów tworzących infrastrukturę techniczną, a wśród nich wyróżnia się:

- sprzęt i sterowniki (*Hardware as a Service*) – najniższa warstwa konieczna do tworzenia i uruchamiania aplikacji,
- system operacyjny (*Operating System*) – warstwa niezbędna do funkcjonowania oprogramowania,
- oprogramowanie (*Software*) – warstwa umożliwiająca zarządzanie mocą obliczeniową, przestrzenią dyskową i komunikacją.



Rys. 1. Struktura przetwarzania w chmurze

Źródło: Youseff L., Butrico M., Da Silva D., *Toward a Unified Ontology of Cloud Computing*, s. 4, <http://freedomhui.com/wp-content/uploads/2010/03/CloudOntology.pdf> [6.05.2014].

Dwie kolejne warstwy to:

- środowisko programistyczne (*Platform as a Service*) – udostępniające platformę tworzenia aplikacji z wykorzystaniem niższych warstw dostarczonych przez dostawcę usług przetwarzania w chmurze, przeznaczoną dla programistów i projektantów oprogramowania;
- aplikacja (*Software as a Service*) – dedykowana końcowym użytkownikom zainteresowanym wykorzystaniem aplikacji umieszczonych w chmurze.

Typy usług przetwarzania w chmurze

W zależności od stopnia zaawansowania wyróżnia się następujące typy usług przetwarzania w chmurze:⁴

1. Infrastruktura jako usługa (*Infrastructure as a Service* - IaaS), - to korzystanie za pośrednictwem Internetu i odpowiednich narzędzi komunikacyjnych ze sprzętu informatycznego (serwer/serwery) z określonymi zasobami (moc procesora, pamięć operacyjna, pamięć dyskowa, pamięć optyczna, itp.).
2. Platforma jako usługa (*Platform as a Service* - PaaS) - użytkownik obok infrastruktury otrzymuje także dostęp do środowiska umożliwiającego tworzenie i rozwój aplikacji (narzędzia programistyczne, baza danych) na przykład

¹ Dr Cecylia Żurak-Owczarek, Zakład Logistyki, Instytut Ekonomii Stosowanych i Informatyki, UŁ

² Mell P., Grance T., *The NIST Definition of Cloud Computing*, National Institute of Standards and Technology, Information, Technology Laboratory, 2009, s. 1.

³ Żurak-Owczarek C., *E-biznes w wymiarze globalnym i lokalnym. Analiza i próba oceny*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2013, s. 52.

⁴ Lin G., Devine M., *The Role of Networks in Cloud Computing in Handbook of Cloud Computing*, Spinger, Ney York 2010, s. 67.

kompletne środowisko SOA⁵.

- Oprogramowanie jako usługa (*Software as a Service - SaaS*) - użytkownik oprócz infrastruktury sprzętowej i środowiska operacyjnego otrzymuje także dostęp do określonych aplikacji informatycznych (prosty np. edytor tekstu czy poczta elektroniczna lub zaawansowanych np. systemy do obsługi księgowości, handlu elektronicznego czy zarządzania relacjami z klientem).
- Procesy biznesowe jako usługa (*Business Process as a Service - BPaaS*) - umożliwia zlecenie dostawcy usługi wykonanie określonego procesu biznesowego takiego jak np.: przyjmowanie zgłoszeń od klientów, prowadzenie szkoleń, sekretariatu, itp.

Użytkownik decydując się na konkretny typ usług przetwarzania w chmurze określa podział kontroli nad wykorzystywanymi zasobami IT między siebie a usługodawcę. Taki podział przedstawia rysunek 2.

Typ tradycyjny	Infrastruktura jako usługa (IaaS)	Platforma jako usługa (PaaS)	Oprogramowanie jako usługa (SaaS)
Dane	Dane	Dane	Dane
Aplikacja	Aplikacja	Aplikacja	Aplikacja
Środowisko wykonywalne	Środowisko wykonywalne	Środowisko wykonywalne	Środowisko wykonywalne
Maszyna wirtualna	Maszyna wirtualna	Maszyna wirtualna	Maszyna wirtualna
Serwer	Serwer	Serwer	Serwer
Magazyn danych	Magazyn danych	Magazyn danych	Magazyn danych
Sieć	Sieć	Sieć	Sieć

Stopień kontroli
Pod kontrolą użytkownika
Pod kontrolą usługodawcy
Pod wspólną kontrolą

Rys. 2. Podział kontroli nad wykorzystywanymi zasobami w usługach przetwarzania w chmurze

Źródło: Łapiński K., Wyżnikiewicz B., *Cloud Computing – wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski*, IBGR, Warszawa 2011, s. 6.

Jak wynika z rysunku 2 w przypadku tradycyjnej usługi przetwarzania użytkownik sprawuje niemal całkowitą kontrolę nad posiadaną przez siebie infrastrukturą i oprogramowaniem. Ta samowystarczalność w pewnym stopniu może być ograniczona koniecznością korzystania z usług dostawców łączy internetowych. Z kolei przy typie usług IaaS niemal cała zasadnicza część infrastruktury informatycznej (serwerownia, magazyny danych) znajduje się poza przedsiębiorstwem. Pod kontrolą użytkownika pozostają nadal jego dane i oprogramowanie. Natomiast w przypadku usług typu PaaS kontrola użytkownika zmniejsza się znacz-

nie, ponieważ usługodawca dostarcza również środowisko operacyjne, wykonywalne, w którym użytkownik będzie korzystał z własnych aplikacji. Najbardziej ograniczającą kontrolę nad zasobami jest usługa typu SaaS gdyż pod nadzorem użytkownika znajdują się jedynie dane.

Modele przetwarzania w chmurze

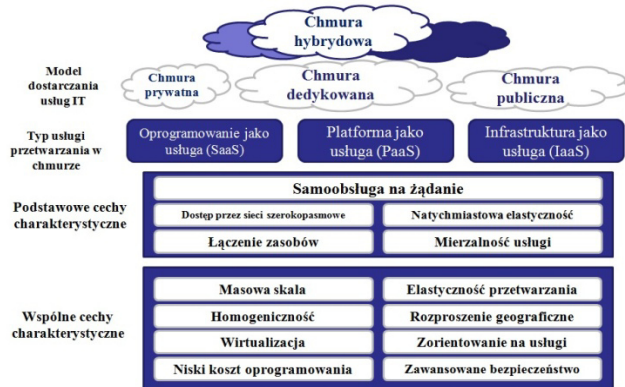
Przedstawione powyżej typy przetwarzania w chmurze mogą być realizowane w następujących modelach:⁶

- Chmura prywatna (*Private Cloud*) - całość infrastruktury informatycznej dostosowana do potrzeb usługobiorcy znajduje się na jego terenie. Rozwiązania takie zwykle należą do jednego podmiotu a dostawcy i odbiorcy tego typu usług to jednostki organizacyjne tego samego przedsiębiorstwa. Przykłady przetwarzania w chmurze prywatnej to m.in.: *Amazon Virtual Private Cloud*, *OpSource Cloud* i *Skytap Virtual Lab*.
- Chmura publiczna (*Public Cloud*) - dostawca oferuje usługi dla wielu odbiorców, z których każdy sam decyduje o tym jakie usługi będzie wykorzystywał. Rozwiązania tego typu to m.in.: *Amazon Web Services*, *Rackspace Cloud Suite* i *Microsoft Azure Service Platform*.
- Chmura dedykowana (*Community Cloud*) - obsługuje określoną grupę użytkowników (np. tylko państwowe wyższe uczelnie). Z tego typu rozwiązań korzystają zazwyczaj użytkownicy, którzy chcą dostępu do usług wysoce dopasowanych do swoich potrzeb. Najbardziej znanym rozwiązaniem chmury dedykowanej jest projekt *OpenCirrus*, nad którym pracują takie firmy jak HP, Intel i Yahoo.
- Chmura hybrydowa (*Hybrid Cloud*) - to wykorzystanie części zasobów zarówno chmury prywatnej jak i publicznej. Na przykład w chmurze prywatnej przetwarzane są dane strategiczne przedsiębiorstwa lub dane prawnie chronione (np. dane niejawnne), natomiast w chmurze publicznej aplikacje, których dane nie wymagają ścisłej ochrony. Rozwiązania hybrydowe oferują m.in.: *Amazon Virtual Private Cloud*, *Skytap Virtual Lab* i *Cohesive FT VPN-Cubed*.

Modele i typy usług przetwarzania w chmurze przedstawia rysunek 3.

⁵ Architektura oparta na usługach (*Service-Oriented Architecture - SOA*) - koncepcja tworzenia systemów informatycznych, w której główny nacisk stawia się na definiowanie usług, które spełniają wymagania użytkownika. Pojęcie SOA obejmuje zestaw metod organizacyjnych i technicznych mający na celu lepsze powiązanie biznesowej strony organizacji z jej zasobami informatycznymi.

⁶ Ellahi T., Hudzia B., Li H., Lindner M., Robinson P., *The Enterprise Cloud Computing Paradigm, in Cloud Computing*, John Wiley and Sons, Hoboken 2011, s. 98.



Rys. 3. Modele i typy usług przetwarzania w chmurze

Źródło: Mell P., Grance T., *Effectively and Securely Using the Cloud Computing Paradigm*, NIST, Information Technology Laboratory, csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-computing-v26.ppt [6.05.2012].

Wybór typu przetwarzania w chmurze to *de facto* wybór między stopniem kontroli zasobów informatycznych, a stopniem efektywności ekonomicznej jego działania. Przedsiębiorstwo, decydując się na przetwarzanie w chmurze nie ponosi kosztów zakupu i utrzymania rozbudowanej infrastruktury informatycznej. Jednakże jego działalność operacyjna zostaje w dużym stopniu uzależniona, od jakości usług oferowanych przez dostawcę chmury. Dla części użytkowników przekazanie niemal całkowitej kontroli nad własnymi zasobami IT firmom zewnętrznym, nierzadko staje się warunkiem trudnym do zaakceptowania. Dlatego też użytkownicy często decydują się na model „chmury prywatnej” lub „chmury hybrydowej”. Należy jednak podkreślić, że konkretne zagadnienie biznesowe może być zrealizowane za pomocą odpowiedniej kombinacji typu i modelu przetwarzania w chmurze lub bez jego wykorzystania. Przykłady kombinacji typu i modelu przetwarzania w chmurze przedstawia tabela 1.

Tabela 1. Kombinacje typu i modelu przetwarzania w chmurze – przykłady realizacji

Typ/Model	Chmura prywatna	Chmura dedykowana	Chmura publiczna	Chmura hybrydowa
Infrastruktura, jako usługa (IaaS)	tworzenie oprogramowania	zabezpieczanie i odzyskiwanie danych		
Platforma, jako usługa (PaaS)	testowanie weryfikacyjne oprogramowania		testowanie walidacyjne oprogramowania	
Oprogramowanie, jako usługa (SaaS)	środowisko biurowe pracownika		poczta elektroniczna	SCM
Procesy biznesowe, jako usługa (BPaaS)	przepływ dokumentów	platforma B2B	CRM	Help Desk

Źródło: Żurak-Owczarek C., *E-biznes...*, op.cit., s. 58

Cechy przetwarzania w chmurze

Podstawowe cechy przetwarzania w chmurze to przede wszystkim:⁷

- Skalowalność** - Użytkownik uzyskuje dostęp do zasobów informatycznych (np. dodatkowy obszar pamięci, moc obliczeniowa procesorów) o nieograniczonej skali, a zmiana ich wielkości może nastąpić w dowolnym czasie i zależy wyłącznie od użytkownika.
- Dostępność** - Zwiększenie mobilności użytkownika, ponieważ wynajęte zasoby informatyczne znajdują się w jego dyspozycji niezależnie od miejsca, w którym się znajduje oraz możliwości rozwoju przedsiębiorstwa gdyż ewentualna zmiana jego siedziby nie wymaga fizycznego przemieszczania całej infrastruktury informatycznej.
- Mierzalność** - Dokładna wycena usługi w zależności od zastosowanej jednostki rozliczeniowej (np. 1h przetwarzania danych, 1GB danych przechowanych przez określony czas, liczba wykonanych operacji itd.). Metody wyceny dostosowane do indywidualnych potrzeb każdego użytkownika, na przykład opłata może dotyczyć ilości wykorzystanych zasobów lub mieć charakter przedpłaty (*pre-paid*), czyli wcześniejszego wykupienia dostępu do określonego potencjału usług.
- Łatwość wdrożenia** - Ograniczenie problemów związanych z wdrożeniem systemu informatycznego wspomagającego zarządzanie. Przedsiębiorstwo decydując się na przetwarzanie w chmurze prawie natychmiast uzyskuje dostęp do wymaganych aplikacji a ich konfiguracja do indywidualnych wymagań poszczególnych użytkowników odbywa się znacznie szybciej niż ma to miejsce w przypadku wdrażania tradycyjnego.
- Wydajność** - Przedsiębiorstwo jest w stanie od strony technicznej sprostać praktycznie każdej skomplikowanej operacji (np. wymagającej skorzystania z procesorów o dużej mocy, zapisania bardzo dużej ilości danych, skorzystania z zaawansowanych aplikacji).
- Bezpieczeństwo** - Ograniczenie awaryjności oraz ryzyka utraty danych przez tworzenie równoległych kopii na dwóch (lub więcej) serwerach tak, aby w razie awarii jednego z nich serwer automatycznie (w sposób niezauważalny dla użytkownika) przełączył się na inny. Dodatkowym elementem zwiększającym bezpieczeństwo zasobów informacyjnych przedsiębiorstwa, jest dywersyfikacja geograficzna lokalizacji centrów przetwarzania, które są umieszczane przez dostawców usług przetwarzania w chmurze w

⁷ A Complete Guide to Cloud Computing, The Art of Service, Brisbane, 2011, s. 54.

różnych strefach klimatycznych, geologicznych, czy też politycznych.

7. **Oszczędność** - Przetwarzanie w chmurze poza oszczędnością miejsca i czasu oferuje przede wszystkim oszczędność kosztów wynikająca z dopasowania zasobów informatycznych do stopnia ich rzeczywistego wykorzystania oraz korzystniejsze rozliczanie wydatków informatycznych w przedsiębiorstwie, ponieważ zasady księgowania pozwalają na kwalifikowanie kosztów usług przetwarzania w chmurze, jako kosztów prowadzenia działalności operacyjnej.

Paradygmat przetwarzania w chmurze

Na podstawie dotychczasowych rozważań dotyczących przetwarzania w chmurze wolno nam argumentować, że model *cloud computing* realizuje podstawowy problem logistyczny polegający na dostarczeniu właściwemu klientowi odpowiedniego produktu lub usługi (w tym wypadku zasobów obliczeniowych) w odpowiedniej ilości i jakości w odpowiednim miejscu i czasie oraz dobrej cenie.

Model *cloud computing* i jego cechy można również interpretować w bardziej abstrakcyjnych kategoriach, a mianowicie koncepcji pozyskiwania wirtualnych zasobów, które przybierają charakter usługi. Ponieważ koncepcja ta z abstrakcyjnego punktu widzenia pozwala się zastosować do każdego zasobu, dlatego zbiór podstawowych pojęć dotyczących *cloud computing* możemy określić paradygmatem przetwarzania w chmurze.⁸ W związku z tym wolno nam stwierdzić, że *cloud computing* rozwiązuje podstawowy problem logistyczny dostarczania zasobów obliczeniowych za pomocą paradygmatu przetwarzania w chmurze.

Jeżeli koncepcja *cloud computing* daje się wykozystać do każdego zasobu to powstaje pytanie, czy paradygmat *cloud computing* można zastosować w innych dziedzinach takich jak na przykład produkcja czy logistyka. Próba odpowiedzi na postawione pytanie zostanie przedstawiona w dalszej części niniejszego artykułu z zastrzeżeniem, że przyjęcie paradygmatu przetwarzania w chmurze do innych dziedzin nie będzie oznaczało jego wdrożenia w celu dostarczenia określonych dla tej dziedziny usług, a jedynie spojrzenie na jej specyfikę przez pryzmat tego paradygmatu.

Na przykład w sferze produkcji paradygmat przetwarzania w chmurze jest koncepcją bardzo nową, a polegającą na zamianie zjawiska wytwarzania, w sensie produkowania na zjawisko wytwarzania, jako usługi w oparciu o metodologię wytwarzania sieciowego (*manufacturing grid* - MGrid)⁹. Wytwarzanie sie-

ciowe polega na takim zorganizowaniu wszelkiego rodzaju zasobów znajdujących się w różnych obszarach geograficznych, przedsiębiorstwach, organizacjach oraz w posiadaniu osób fizycznych, aby dostarczyć je w postaci usług produkcyjnych w sposób podobny do tego, w jaki obecnie uzyskuje się informacje w Internecie.¹⁰

Uważa się, że w porównaniu z istniejącymi rozwiązaniami wytwarzanie w chmurze (*cloud manufacturing*) może znacznie poprawić koordynację między dostawcami zasobów a popytem przez fakt scentralizowanego zarządzania tymi zasobami. Ponadto model usługowy wytwarzania w chmurze będzie obejmował cały cykl życia produktu, począwszy od jego zaprojektowania, wytworzenia, testowania i wprowadzenia na rynek oraz zarządzania na wszystkich jego etapach. Należy jednak podkreślić, że w porównaniu z *cloud computing* proces wirtualizacji zasobów produkcyjnych i umieszczenie ich w postaci chmury usług jest wielkim wyzwaniem ze względu na dużą heterogeniczność zasobów fizycznych i zdolności produkcyjnych. W związku z tym proponuje się, aby różnorodne zasoby wytwarzania i ich możliwości zostały opisane w sposób izomorficzny za pomocą standardów wykorzystywanych do tworzenia tzw. semantycznych stron WWW.¹¹ Tego typu standardy pozwalają na opisanie umieszczanej w Internecie treści w formie umożliwiającej przetwarzanie informacji w sposób odpowiedni do ich znaczenia. Na przykład rozpoznanie danych, które ze względu na identyczny zapis tekstowy są obecnie nierozróżnialne, tak jest np. ze słowem zamek, które może oznaczać (1) urządzenie do zamykania np. drzwi, (2) zapięcie elementów ubrania, (3) ruchomą część broni palnej, (4) warowną budowlę mieszkalną.

Ponadto nowe technologie takie jak na przykład drukowanie przestrzenne - 3D spowodują, że wytwarzanie w przyszłości będzie bardziej elastyczne¹² Drukowanie 3D to proces wytwarzania trójwymiarowych obiektów fizycznych na podstawie modelu opracowanego za pomocą odpowiedniego oprogramowania komputerowego. Drukowanie 3D jest metodą przyrostową, co oznacza, że obiekt jest tworzony poprzez nakładanie kolejnych jego warstw za pomocą różnych technik, z których każda realizuje ten sam przyrostowy system działania natomiast są wykorzystywane inne materiały budulcowe oraz inny sposób ich nanoszenia. Metody drukowania przestrzennego to m.in..¹³

¹⁰ Fan Y., Zhao D., Zhang L., Huang S., Liu B. *Manufacturing Grid: Needs, Concept, and Architecture*, Grid and Cooperative Computing Lecture Notes in Computer Science Volume 3032, 2004, s. 653-656.

¹¹ Liu N., Li X., Wang, Q., *A resource and capability virtualization method for cloud manufacturing systems*. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2011, s. 1003-1008.

¹² Hall K., *How 3D printing impacts manufacturing*, Computer Weekly, 2013 <http://www.computerweekly.com/feature/How-3D-printing-impacts-manufacturing> [20.01.2014].

¹³ Fleming M., *What is 3D Printing? An Overview*. <http://www.3dprinter.net/reference/what-is-3d-printing> [20.01.2014].

⁸ Delfmann W., Jaekel F., *The Cloud - Logistics for the Future*, The working group "Future Topics of Logistics" of the Scientific Advisory Board of the German Logistics Association, BVL, 2013, s. 10.

⁹ Xu, X., *From cloud computing to cloud manufacturing*, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 28 (1), 2012 s. 75.

- SLA (*StereLithogrAphy*) - utwardzanie żywicy epoksydowej lub akrylowej o niskiej lepkości wiązką światła ultrafioletowego generowanego przez laser,
- 3D PRINTING – technika podobna do druku atramentowego, przy czym atrament jest zastępowany przez spoiwo łączące proszek naniesiony na stół modelowy,
- LOM (*Laminated Object Manufacturing*) – wycinanie zarysu modelu na przyklejanych warstwowo papierach lub foliach,
- SLS (*Selective Laser Sintering*) – selektywne spiekanie laserowe proszków metali bądź innego materiału kompozytowego,
- MJM (*Multi Jet Modeling*) – przyrostowe nanoszenie stopionego fotopolimeru akrylowego przez głowicę wielodyskową.

Drukarki 3D idealnie nadają się do masowej kustomizacji wyrobów lub wytwarzania niewielkiej ich ilości, z której do tej pory nie było korzyści wynikającej z ekonomii skali. Ponadto wytwarzanie w chmurze w oparciu o drukowanie 3D przyczyni się do skrócenia czasu wprowadzania wyrobu na rynek, ponieważ nie będzie konieczności rekonfigurowania linii produkcyjnych pod potrzeby wytwarzania nowego produktu. W tym wypadku do wytwórcy muszą dotrzeć tylko surowce natomiast wszystkie dane dotyczące wyrobu (plan, rysunek) będą przesłane w postaci cyfrowej. Niestety takie rozwiązanie będzie wymagało nowych uwarunkowań prawnych w zakresie ochrony własności intelektualnej, gdyż ryzyko skopiowania pliku zawierającego cyfrowy wzór wyrobu przez nieupoważnione podmioty będzie bardzo duże.

Adaptacja paradygmatu *cloud computing* w logistyce

Podobnie jak w przypadku koncepcji wytwarzania w chmurze, pomysł adaptowania paradygmatu *cloud computing* w logistyce wynika z faktu dążenia do zwiększenia jej wydajności w zmiennym, niepewnym i złożonym otoczeniu. Zastosowanie paradygmatu chmury w dziedzinie logistyki określa się terminem *cloud logistic* - logistyka w chmurze. Należy jednak podkreślić, że do tej pory nie ma ogólnie przyjętej definicji tego terminu, nie mniej jednak dokonywane są konstruktywne próby jej tworzenia. Na przykład grupa robocza *Future Topics of Logistics* określa *cloud logistics*, jako: otoczenie wirtualnych systemów, które ułatwiają koordynację łańcuchów dostaw i wykorzystanie rozproszonych zasobów, zdolności biznesowych i usług partnerów łańcucha w oparciu o nowoczesne technologie informacyjno-komunikacyjne wykorzystujące usługi i aplikacje internetowe¹⁴.

Z kolei inni autorzy definiują koncepcję *cloud logistics* za pomocą modelu opisującego łańcuch dostaw wyłącznie jako usługę, której potencjalne ograniczenia wynikają z różnorodności zasobów logistycznych i umowy (*Service Level Agreement - SLA*) ustalonej między klientem a usługodawcą.¹⁵ Gdzie SLA to umowa utrzymania i systematycznego poprawiania ustalonego między klientem a usługodawcą poziomu, jakości usług poprzez stały cykl obejmujący: uzgodnienia, monitorowanie usługi, raportowanie oraz przegląd osiągniętych wyników. Wdrożenie SLA wymaga najpierw opracowanie katalogu świadczonych usług, które łączone w grupy tworzą produkt (usługę), o odpowiednich parametrach będący przedmiotem tego typu umowy.

Warunkiem *sine qua non* aby logistyki w chmurze jest wirtualizacja¹⁶ zasobów logistycznych (np. infrastruktury transportowej i magazynowej) i powiązanych z nimi możliwości operacyjnych (np. rozładunek środków transportu, zlecenie frachtu i jego dekonsolidacja, przyjmowanie i wydawanie towarów z magazynu, obsługa dokumentów przewozowych). Na przykład wysoki poziom abstrakcji już dziś można zaobserwować w przypadku środków transportu, jest to szczególnie widoczne w branży frachtu morskiego, gdzie dostawcy usług logistycznych pełnią rolę pośredników pomiędzy spedytorami, armatorami i brokerami tworząc "abstrakcyjne" zdolności przewozowe FCL i LCL na określonym szlaku handlowym zamiast zdolności przewozowych wynikających z określonego typu statku.¹⁷ Mówiąc ogólnie złożoność abstrakcji zależy od właściwości zasobów, które muszą być opisane w sposób izomorficzny pozwalający na traktowanie ich jako usługi.

Cloud logistics oferuje dostarczanie usług na żądanie, ale odstęp czasu pomiędzy wymaganiami usługi a jej świadczeniem w większości przypadków będzie znacznie dłuższy niż ma to miejsce przy przetwarzaniu w chmurze ze względu na fakt fizycznej a nie cyfrowej postaci zasobów. *Cloud logistics* posiada również cechy skalowalności i elastyczności, z których pierwsza wynika z własności, że bez dodatkowych zasobów poziom usługi (np. czas dostawy) może być utrzymany na właściwym poziomie tylko w przypadku małych wahań popytu na te usługi. Natomiast elastyczność oznacza dynamiczne dodanie lub usunięcie zasobów logistycznych np. przydzielenie dodatkowych pojazdów do nieprzewidzianej wcześniej pojemności ładun-

¹⁴ Leukel J., Kim S., Schlegel T., *Supply Chain as a Service: A Cloud Perspective on Supply Chain Systems*. IEEE Systems Journal 5 (1), 2011 s. 16–27.

¹⁶ Wirtualizacja w tym przypadku oznacza uzyskanie zasobu logicznego przez abstrakcję zasobów fizycznych.

¹⁷ FCL (*Full Container Load*) to fracht morski pełno-kontenerowy, co oznacza, że cały kontener wykorzystywany jest przez tylko jednego odbiorcę. Z kolei LCL (*Less than Container Load*) określa przewóz przesyłek drobnicowych. W tym wypadku wykorzystuje się jedynie część przestrzeni ładunkowej kontenera, co powoduje, że w jednym kontenerze mogą być transportowane towary będące własnością kilku podmiotów.

¹⁴ <http://www.bvl.de/en/knowledge/publications/policy-documents/thesis-paper-on-cloud-logistics> [20.01.2014].

ków. Należy jednak podkreślić, że elastyczność w tym przypadku będzie niższa w porównaniu do *cloud computing* na skutek zwiększenia czasu niezbędnego do rekonfiguracji zasobów. Na przykład wynikająca z czasu potrzebnego do pokonania odległości między lokalizacją fizyczną bieżącego zasobu a jego lokalizacją docelową. Dlatego aby zapewnić odpowiedni poziom elastyczności konieczne będzie określenie dla danego typu zasobów ich górnej granicy w danej chmurze logistycznej. Ponadto należy brać pod uwagę, że elastyczność będzie również ograniczona przez fakt istnienia różnego rodzaju rozkładów odjazdów, lotów czy rejsów.

Koncepcja *cloud logistics* obejmuje także właściwości łączenia zasobów, które mogą być kumulowane według następujących scenariuszy:¹⁸

1. Grupa dostawców usług logistycznych posiada i nadzoruje jeden zasób w celu udostępniania go wielu odbiorcom. W tym przypadku wzrost wydajności będzie wynikał z ekonomii skali oraz wielkości posiadanych zasobów. Scenariusz ten jest bardzo podobny do łączenia zasobów w *cloud computing*, gdzie jeden dostawca zasobów przydziela je dynamicznie wielu użytkownikom w celu zaspokojenia ich potrzeb.
2. Dwóch lub więcej dostawców usług logistycznych łączy swoje zasoby na zasadzie partnerstwa, aby za pomocą ich kombinacji świadczyć usługi. Poszczególni dostawcy decydują o tym, które zasoby i usługi będące ich własnością zostaną udostępnione partnerom tak, aby mogli oni również dostarczać je własnym klientom. Należy podkreślić, że ten typ współpracy nie oznacza nawiązywania trwałych powiązań między dostawcami na przykład w postaci aliansów strategicznych, ale jest raczej przejściową krótkoterminową formą współpracy, która kończy się automatycznie, po dostarczeniu klientom zasobów lub usług. Oczekiwany wzrost wydajności będzie wynikał z lepszego wykorzystania zasobów (w szczególności tych, które do tej pory były mało eksploatowane) współpracujących dostawców usług logistycznych. Ten scenariusz może być uważany za rozszerzenie pierwszego, ponieważ zakłada, że każdy dostawca usług logistycznych już działa w oparciu o własne zasoby.
3. Dowolne przedsiębiorstwa z dowolnej branży współpracują poziomo na zasadzie partnerstwa i udostępniają zasoby, które są bezpośrednio związane z logistyką np. zapasy w magazynach. Współpracujące przedsiębiorstwa mogą albo zlecać zarządzanie połączonymi magazynami lub zarządzać nimi same, traktując na zasadzie pierwszeństwa żądania pochodzące od

własnych klientów. Scenariusz ten jest z powodzeniem stosowany w branży odzieżowej szczególnie w przypadku handlu elektronicznego gdzie producent przekazuje zamówienia, które przychodzą do niego za pośrednictwem strony WWW do realizacji partnerom znajdującym się najbliżej klienta.

W przypadku wymienionych powyżej scenariuszy wynagrodzenie za świadczone usługi będzie realizowane na zasadzie opłaty za faktycznie wykorzystane (*pay per use*), co w branży logistycznej jest już dość powszechną praktyką. Ponieważ koncepcja *cloud logistics* w znacznym stopniu oparta jest na utowarowieniu¹⁹ usług logistycznych adaptacja modelu opartego na płatności za faktycznie wykonane usługi będzie zależała w znacznym stopniu od tego czy wszystkie usługi logistyczne dadzą się przekształcić w wartość użytkową²⁰. Kolejnym problemem związanym z przyjęciem tego typu systemu płatności jest zdolność do precyzyjnego pomiaru dostarczonej usługi i bieżącego wykorzystania zasobów ze względu na fizyczne właściwości logistyki, co jest znacznie trudniejsze niż w przypadku *cloud computing* ale możliwe do wykonania. Precyzyjny pomiar wymaga bardzo ścisłej synchronizacji świata fizycznego i wirtualnego, którą można osiągnąć poprzez wprowadzenie czujników we wszystkich odpowiednich miejscach systemu logistycznego za pomocą tzw. Internetu przedmiotów²¹ przy wykorzystaniu technologii RFID²². W przypadku *cloud logistics* kompatybilność danych pochodzących z tego typu czujników będzie podstawowym elementem zintegrowania pomiaru usługi i zasobów w celu określenia płatności.

W początkowej części artykułu przedstawiono, że w *cloud computing* jako usługa oferowane są: infrastruktura, platforma, oprogramowanie i procesy biznesowe. Jak dotąd dla *cloud logistics* tego rodzaju typologia usług jeszcze nie powstała. Uważa się jednak, że powinna ona obejmować obok usług opartych na zasobach fizycznych (np. transport, magazynowanie) również usługi oparte na umiejętnościach (np. planowanie, organizowanie, nadzorowanie). Te ostatnie nie wymagają bezpośredniej fizycznej manipulacji, dlatego niektóre z nich mogą być dostępne przez Internet (np. usługi finansowe, śledzenie przesyłek i rozliczeń, przepływ informacji). Jednak usługi te nie mogą istnieć samodzielnie bez fizycznego przepływu towarów, dlatego uzyskanie synchronizacji pomiędzy światem fizycznym a wirtualnym jest warunkiem koniecznym, aby można było mówić o usługach logistycznych oferowanych w chmurze.

¹⁹ Przekształcanie z wartości użytkowej na wartość wymienną.

²⁰ Tamże, s. 20.

²¹ Koncepcja w myśl, której jednoznacznie identyfikowalne przedmioty mogą pośrednio lub bezpośrednio gromadzić, przetwarzać i wymieniać dane za pomocą sieci komputerowej.

²² Fleisch E., *What is the internet of things an economic perspective*. Economics, Management, and Financial Markets, 2010 nr. 5 (2) s. 125–157.

¹⁸ Leukel J., Kirn S., Schlegel T., *Supply Chain as a Service...*, op.cit, s.16-27.

Wnioski

Rekapitulując powyższe rozważania należy stwierdzić, że paradygmat *cloud computing* wcześniej czy później zostanie przyjęty w logistyce, ponieważ, najważniejsze cechy chmury tzn. łączenie zasobów, skalowalność, elastyczność dotyczą również tej dziedziny. Jedynym poważnym problemem, ale z pewnością do przewyższenia jest to, że logistyka charakteryzuje się fizycznym przepływem towarów w fizycznych sieciach dostaw.

Natomiast skalowalność i elastyczność spowoduje, że systemy oparte o *cloud logistics* w przeciwieństwie do tradycyjnego łańcucha dostaw będą odporne na zakłócenia wynikające ze zmiennego popytu i otoczenia rynkowego. Logistyka w chmurze będzie oferowała również cechę "sprężystości", co w praktyce będzie oznaczało, że geograficznie rozproszone zasoby będą mogły być ponownie skonfigurowane, dodane lub usunięte, dzięki czemu chmura przejdzie do stanu poprzedniego lub korzystniejszego. W związku z tym systemy *cloud logistics* będą przewyższały konwencjonalne łańcuchy dostaw w niestabilnym, niepewnym i złożonym otoczeniu, a ich użytkownikom pozwalały uzyskać przewagę konkurencyjną.

Streszczenie

Celem artykułu jest przedstawienie możliwości zastosowania paradygmatu *cloud computing* w logistyce. Artykuł omawia koncepcję przetwarzania w chmurze, typy oferowanych usług, modele przetwarzania oraz jego cechy. W dalszej części artykułu prezentuje możliwości wykorzystania paradygmatu *cloud computing* w produkcji oraz jego adaptacji w logistyce

Abstract

The purpose of this article is to present the possibility of using the paradigm of cloud computing in logistics. The article discusses the concept of cloud computing, the types of services offered, processing models and their features. Furthermore the article presents the possibility of using the paradigm of cloud computing in the production and its adaptation in logistics.

Literatura

1. A Complete Guide to Cloud Computing, The Art of Service, Brisbane, 2011.
2. Chou T., *Introduction to Cloud Computing Business & Technology*, Active Book Press, 2011.
3. Delfmann W., Jaekel F., *The Cloud - Logistics for the Future*, The working group "Future Topics of Logistics" of the Scientific Advisory Board of the German Logistics Association, BVL, 2013.
4. Ellahi T., Hudzia B., Li H., Lindner M., Robinson P., *The Enterprise Cloud Computing Paradigm, in Cloud Computing*, John Wiley and Sons, Hoboken 2011.
5. Fan Y., Zhao D., Zhang L., Huang S., Liu B. *Manufacturing Grid: Needs, Concept, and Architecture*, Grid and Cooperative Computing Lecture Notes in Computer Science Volume 3032, 2004.
6. Fleisch, E. *What is the internet of things an economic perspective*. Economics, Management, and Financial Markets, 2010 nr. 5 (2).
7. Fleming M., *What is 3D Printing? An Overview*. <http://www.3dprinter.net/reference/what-is-3d-printing>
8. Hall K., *How 3D printing impacts manufacturing*, Computer Weekly, 2013 <http://www.computerweekly.com/feature/How-3D-printing-impacts-manufacturing>
9. <http://www.bvl.de/en/knowledge/publications/policy-documents/thesis-paper-on-cloud-logistics>
10. Łapiński K., Wyżnikiewicz B., *Cloud Computing – wpływ na konkurencyjność przedsiębiorstw i gospodarkę Polski*, IBGR, Warszawa 2011
11. Leukel J., Kim S., Schlegel T., *Supply Chain as a Service: A Cloud Perspective on Supply Chain Systems*, IEEE Systems Journal, 2011 nr 5.
12. Lin G., Devine M., *The Role of Networks in Cloud Computing* in Handbook of Cloud Computing, Spinger, Ney York 2010.
13. Liu N., Li X., Wang, Q., *A resource and capability virtualization method for cloud manufacturing systems*. IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics, 2011.
14. Mell P., Grance T., *Effectively and Securely Using the Cloud Computing Paradigm*, NIST, Information Technology Laboratory, csrc.nist.gov/groups/SNS/cloud-computing/cloud-computing-v26.ppt
15. Mell P., Grance T., *The NIST Definition of Cloud Computing*, National Institute of Standards and Technology, Information, Technology Laboratory, 2009.
16. Xu, X., *From cloud computing to cloud manufacturing*, Robotics and Computer Integrated Manufacturing 28 (1) 2012.
17. Youseff L., Butrico M., Da Silva D., *Toward a Unified Ontology of Cloud Computing*, <http://freedomhui.com/wp-content/uploads/2010/03/Cloud-Ontology.pdf>
18. Żurak- Owczarek C., *E-biznes w wymiarze globalnym i lokalnym. Analiza i próba oceny.*, Wydawnictwo Uniwersytetu Łódzkiego, Łódź 2013.