

Rozdział I. Pojęcie i istota *cloud computing* – ogólna charakterystyka

§ 1. *Cloud computing* – geneza i ewolucja

*Cloud*¹ *computing*², w pierwszych kilkunastu latach XXI w., stał się jedną z najszybciej rozwijających się technologii informatycznych³, silnie przy tym

¹ Pojęcie *cloud computing* stanowić będzie przedmiot rozważań w dalszej części pracy, niemniej jednak dla uzyskania pewnej klarowności przedmiotowej pracy, na obecnym etapie analizy, *cloud computing* należy rozumieć jako „model umożliwiający wszechobecny, wygodny i możliwy na żądanie dostęp za pośrednictwem sieci do dzielonych zasobów obliczeniowych (tj. sieć, serwery, pamięć masowa, aplikacje i usługi), które mogą być szybko zapewnione i uwolnione przy minimalnym zarządzaniu lub ingerencji dostawcy”. P. Mell, T. Grance, The NIST Definition of Cloud Computing (dostęp: 20.1.2015 r.).

² Dalej zwrot *cloud computing* będzie używany naprzemiennie z takimi określeniami, jak chmura obliczeniowa, przetwarzanie w chmurze obliczeniowej czy przetwarzanie chmurowe.

³ Powyższy trend zauważalny jest zarówno w Polsce, jak i na świecie i dotyczy właściwie wszystkich modeli usługowych i wdrożeniowych chmury obliczeniowej (wyjaśnienie różnicy w dalszej części pracy). Tytułem przykładu warto wskazać jedynie na następujące dane: w 2015 r. wartość światowego rynku usług w chmurze wzrosła o 28%, tj. do poziomu 110 biliona dolarów amerykańskich, a według prognoz w przypadku chmury publicznej dochody te na całym świecie wzrosną z 80 bilionów dolarów amerykańskich w 2015 r. do aż 167 bilionów w roku 2020. Zob. L. Columbus, Roundup Of Cloud Computing Forecasts And Market Estimates, 2016, <https://www.forbes.com/sites/louis columbus/2016/03/13/roundup-of-cloud-computing-forecasts-and-market-estimates-2016/#4795af722187> (dostęp: 10.3.2017 r.). Analogiczna sytuacja ma miejsce w Polsce. Jak wynika z danych IDC, w 2014 r. wartość polskiego rynku *cloud computing* wynosiła 130 milionów dolarów amerykańskich. Zob. ABC Data wprowadziła do oferty rozwiązanie do obsługi *cloud computing*, <http://wyborcza.biz/Gieldy/1,132329,19408931,abc-data-wprowadzila-do-oferty-rozwiazania-do-obslugi-cloud.html> (dostęp: 22.1.2016 r.). W 2018 r. oceniano wartość usług *cloud computing* w Polsce na kwotę 280 milionów dolarów amerykańskich. Zob. L. Krakowiak, Polska chmura za miliard złotych, <https://www.computerworld.pl/news/Polska-chmura-za-miliard-zlotych,414055.html> (dostęp: 17.12.2019 r.). Natomiast według analityków Gartnera już w roku 2021 wartość polskiego rynku *cloud computing* wyniesie ok. 300 milionów dolarów amerykańskich, Zob. więcej: K. Costello, S. Hippold, Gartner Forecasts Worldwide Public Cloud Revenue to Grow 17.3 Percent in 2019, <https://www.gartner.com/en/newsroom/press-releases/2018-09-12-gartner-forecasts-worldwide-public-cloud-revenue-to-grow-17-percent-in-2019> (dostęp: 17.12.2019 r.).

oddziałując na szereg dziedzin ludzkiego życia. W związku z tym przez wielu oceniany jest w kategoriach nowego paradygmatu świadczenia usług czy nawet w kategoriach rewolucji. Tymczasem, obserwując proces jego powstania i rozwoju nietrudno dojść do przekonania, iż w istocie stanowi on kolejny etap na drodze ewolucji technologii informatycznych, będąc przy tym asocjacją rozwoju głównie dwóch czynników, tj. sprzętu komputerowego oraz technologii internetowych. To zaś uzasadnia konieczność dokonania analizy zagadnienia genezy i ewolucji technologii chmury obliczeniowej niejako dwutorowo, tj. uwzględniając najbardziej przełomowe momenty w rozwoju zarówno sprzętu komputerowego, jak i technologii internetowych, tak aby w konsekwencji powyższego możliwym było wskazanie wszystkich tych, bez istnienia których to *cloud computing* nie mógłby powstać. Oczywiście jest bowiem fakt, że skoro technologia chmury obliczeniowej stanowi w rzeczywistości wypadkową obu tych dziedzin, będąc przy tym kolejnym etapem ich standaryzacji, to powstanie technologii *cloud computing* nie byłoby możliwym bez wcześniejszego rozwoju każdej z nich oraz że rozwój każdej z nich stanowił element niezbędny dla ostatecznego urzeczywistnienia się idei przetwarzania w chmurze. I choć w literaturze przedmiotu prezentowane są również i takie stanowiska, w myśl których przedmiotową analizę należałoby rozpocząć od momentu powstania pierwszej maszyny liczącej⁴, to niemniej jednak, nie deprecjonując oczywiście przy tym znaczenia i wcześniejszych odkryć, początków *cloud computing*, we współczesnym jego rozumieniu, upatrywać należy dopiero w latach czterdziestych XX w.⁵.

W tym oto czasie, tj. w 1948 r., Tom Kilburn i Freddie Williams jako pierwsi na świecie uruchomili urządzenie *Small Scale Experimental Machine* (zwane również „*Manchester Baby*”), którego sposób działania najbardziej odpowiadał temu, co dziś powszechnie rozumiemy pod pojęciem komputera. W przeciwieństwie do swoich poprzedników, tj. urządzeń *ENIAC*⁶ czy *Colossus*⁷, „*Manchester Baby*” był pierwszym komputerem, w pamięci którego został zapisany

⁴ Niektórzy autorzy postulują, aby początków technologii chmury obliczeniowej doszukiwać się w XVII w. i łączyć je z powstaniem pierwszych maszyn liczących. Tak m.in.: M. Böhm, S. Leimeister, Ch. Riedl, H. Krcmar, Cloud computing and Computing evolution, https://www.researchgate.net/profile/Markus_Boehm/publication/268011245_Cloud_Computing_and_Computing_Evolution/links/548726750cf2ef34478ec2de.pdf (dostęp: 15.2.2017 r.).

⁵ Zob. The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

⁶ K. Sienkiewicz, Od Eniaca do Internetu i społeczeństwa wiedzy, ZNWWSI 2006, s. 15–18.

⁷ Zob. więcej: B. Winston, Media Technology and Society. A history: from the telegraph to the internet, London and New York 1998, s. 170 i n.

program i przy pomocy którego możliwym było wykonywanie wielu zadań bez konieczności każdorazowego konfigurowania urządzenia⁸. Co więcej, to właśnie ta technologia opracowana na Uniwersytecie w Manchesterze w kolejnych latach stanowiła podstawę do powstania urządzeń *Manchester Mark I* oraz *Ferranti Mark I* – pierwszego komercyjnego komputera ogólnego przeznaczenia⁹. Powyższe było więc przełomowym momentem nie tylko dla rozwoju technologii komputerowych jako takich, ale też stanowiło preludium do rozwoju usług w chmurze.

Kolejnym znaczącym momentem na drodze rozwoju technologii *cloud computing* było pojawienie się w latach pięćdziesiątych XX w. technologii *time sharing*, która to (w dużym uproszczeniu) pozwalała każdemu z użytkowników systemu operacyjnego na dzielenie się mocą obliczeniową komputera. Jednym z najbardziej znanych jej propagatorów był *John McCarthy* i to prowadzone przez niego na tym polu badania stały się następnie przyczynkiem do wygłoszenia w 1961 r. wykładu, którego treść i przekaz są obecnie poczytywane jako jedno z najważniejszych wydarzeń na drodze powstania koncepcji *cloud computing*. Jak bowiem wówczas stwierdził, w niedalekiej przyszłości wszelkie procesy związane z pracą komputerów, wykorzystaniem ich mocy obliczeniowej będą udostępnione do użytku publicznego i będą one korzystać ze wspólnych centrów danych¹⁰. Owa teza, jakkolwiek wówczas rewolucyjna, była jednocześnie trafną zapowiedzią tego, co po upływie następnych dziesięcioleci urzeczywistniło się w postaci technologii *cloud computing* – stąd też *John McCarthy* jest przez niektórych postrzegany w kategoriach twórcy koncepcji przetwarzania w chmurze¹¹.

Równie istotnym wydarzeniem w procesie kształtowania się technologii *cloud computing* było stworzenie idei *packet switching* (tj. komutacji pakietów¹²). Ta opracowana przez *Paula Barana*, a następnie rozwinięta we współpracy z innymi badaczami, tj. *Donaldem Daviesem* i *Leonardem Kleinroc-*

⁸ Zob. więcej: *B. Winston*, *Media Technology*, s. 170 i n.

⁹ Hasło: *Small-Scale Experimental Machine*, Wikipedia Wolna Encyklopedia, https://pl.wikipedia.org/wiki/Small-Scale_Experimental_Machine (dostęp: 21.2.2017 r.).

¹⁰ *P. Szmít*, *Cloud computing historia, technologia, perspektywy*, http://www.web.gov.pl/wiedza/biblioteka/e-booki/590_1664.html (dostęp: 14.9.2016 r.).

¹¹ *M. Childs*, *John McCarthy: Computer Scientist known as the father of AI*, <https://www.google.pl/amp/www.independent.co.uk/news/obituaries/john-mccarthy-computer-scientist-known-as-the-father-of-ai-6255307.html%3Famp> (dostęp: 21.2.2017 r.); *B. Halper*, *Auditing cloud computing, a security and privacy guide*, New Jersey 2011, s. 1–2.

¹² *A. Briggs, P. Burke*, *A Social History of the Media: From Gutenberg to the Internet*, Cambridge 2009, s. 264.

kiem, technologia zakładała budowę zdecentralizowanych sieci komputerowych, umożliwiających przesyłanie pakietów danych, a tym samym także utrzymanie funkcjonowania sieci nawet w przypadku uszkodzenia wielu jej ogniw. I choć w ówczesnym czasie packet *switching* znalazł zastosowanie w realizowanym na zlecenie Amerykańskich Sił Zbrojnych projekcie RAND¹³, to jego twórca już wtedy przewidywał, że „do roku 2000 będziemy używali tych sieci do robienia zakupów i czytania informacji”, a więc również i w celach prywatnych. Powyższe stało się zresztą faktem, bowiem to właśnie opracowana przez Paula Barana technologia legła u podstaw stworzenia sieci ARPANET, której to geneza powstania i ewolucji stanowi jednocześnie opowieść o początkach Internetu¹⁴ i sięga lat 50. XX w.

W 1958 r. Departament Obrony Stanów Zjednoczonych podjął działania mające na celu unowocześnienie amerykańskiej armii. W tym też celu powołano do życia organizację o nazwie ARPA (ang. *Advanced Research Projects Agency Network*), przed którą postawiono szereg różnego rodzaju zadań mających szczególne znaczenie dla obronności Stanów Zjednoczonych, czego rezultatem było utworzenie sieci badawczej stanowiącej jednocześnie pierwszą na świecie zdecentralizowaną sieć komputerową¹⁵ zwaną ARPANET (ang. *Advanced Research Projects Agency Network*)¹⁶. Do pierwszej próby jej użycia doszło 29.10.1969 r. Skutecznie, choć zaledwie na czas transmisji dwóch liter (tj. „l” i „o” stanowiących początek słowa login), udało się wówczas połączyć komputer znajdujący się na Uniwersytecie Kalifornijskim w Los Angeles z tym zlokalizowanym w ośrodku naukowym w Stanford¹⁷, czyniąc tym samym ARPANET, przynajmniej w ocenie niektórych, bezpośrednim protoplastą obecnego Internetu¹⁸. O ile bowiem jeszcze, jak zauważono powyżej, w 1969 r. połączenie trwało zaledwie kilka sekund, o tyle już w 1972 r. sieć ta składała się z 23 serwerów i 15 węzłów¹⁹. W tym też czasie zdecydowano o powołaniu do życia Międzynarodowej Grupy do Spraw Sieci (ang. *International Network Working Group*), w pracach której brali udział również i naukowcy spoza Sta-

¹³ Zob. więcej: J. Ryan, *A History of the Internet and the Digital Future*, London 2010, s. 13 i n.

¹⁴ J. Abbate, *Inventing the Internet*, Massachusetts, London, England 1999, s. 7 i n.

¹⁵ J. Gołaczyński, *Umowy elektroniczne w prawie prywatnym międzynarodowym*, Kraków 2007, s. 11.

¹⁶ Zob. więcej: C.A. Sunshine, *A Brief History of Computer Networking*, w: C.A. Sunshine (red.), *Computer Networking Architectures and Protocols. Second Edition*, New York 1989, s. 3–6.

¹⁷ J. Gołaczyński, *Umowy elektroniczne w prawie prywatnym*, s. 11.

¹⁸ J.F. Kurose, K.W. Ross, *Sieci komputerowe ujęcie całościowe*, Gliwice 2010, s. 94.

¹⁹ J. Gołaczyński, *Umowy elektroniczne w prawie prywatnym*, s. 12.

nów Zjednoczonych. W 1973 r. ARPANET, dzięki włączeniu w jej struktury przy pomocy łączy satelitarnych dwóch węzłów zagranicznych, (zlokalizowanych w Wielkiej Brytanii i Norwegii) stał się siecią o charakterze międzynarodowym, a następnie, po odtajnieniu protokołu TCP/IT, poszerzony został o lokalne sieci akademickie²⁰. Tym samym więc wizja Kleinrocka zaczęła się urzeczywistniać, a sam ARPANET rozwijać w zawrotnym tempie, dając przy tym początek innym ideom i technologią, w tym również tak znaczącym, jak pierwszy program do przesyłania wiadomości, zwany dziś powszechnie e-mail. Ray Tomlison, obserwując na początku lat 70. XX w. działanie ARPANET, dostrzegł możliwość połączenia wewnętrznego programu generującego komunikaty z innym programem do transferowania plików między komputerami tejże sieci i zastosował w nim znak @ do oddzielenia nazwy odbiorcy od docelowego adresu²¹ – rewolucjonizując przy tym sposób komunikowania się ludzkości przez następne dziesiątki lat.

Kolejne lata, w tym zwłaszcza okres końca lat 70. i początku lat 80. XX w., to także czas popularyzacji i rozwoju innych sieci. Równolegle bowiem do ARPANET powstały m.in. CSNET (ang. *Computer Science Network*), umożliwiająca połączenie pomiędzy uniwersytetami nieposiadającymi dostępu do ARPANET²², oraz europejska sieć EUNET²³. Dwie z nich, tj. ARPANET i CSNET zostały ze sobą połączone przy pomocy tzw. bramy (ang. *gateway*) – co dziś bywa utożsamiane z początkiem Internetu²⁴.

Równolegle do powyższego, w latach 80. XX w. nastąpił przełom w rozwoju technologii sprzętu komputerowego.

W tym czasie, tj. w 1981 r., powstało urządzenie IBM 5150, powszechnie znane jako IBM PC (ang. *personal computer*). Dodatkowo też, w 1985 r., tj. dwa lata po ogłoszeniu prac nad tym rozwiązaniem, nastąpiła prezentacja pierwszej wersji systemu operacyjnego Windows 1.0 umożliwiającego zwiększenie użyteczności istniejących wówczas komputerów²⁵. To zaś nie tylko stanowiło jeden z ważniejszych momentów w rozwoju technologii komputerowych, ale

²⁰ *Ibidem*.

²¹ J. Ryan, A History of the Internet, s. 77.

²² J.F. Kurose, K.W. Ross, Sieci komputerowe, s. 97.

²³ J. Gołaczyński, Umowy elektroniczne w prawie prywatnym, s. 14.

²⁴ *Ibidem*, s. 14.

²⁵ Zob. The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

też było doskonałą zapowiedzią tego, co miało się wydarzyć w nadchodzących latach 90. XX w., a szczególnie u ich schyłku²⁶.

W 1990 r. ARPANET przestał działać, ustępującym tym samym miejsca kolejnym sieciom i technologiom – w tym również tej najbardziej znanej i do dnia dzisiejszego powszechnie używanej, tj. World Wide Web²⁷, dla której to przyjęło się używać skróconej nazwy WWW²⁸.

Technologia WWW opracowana została w latach 1989–1991 przez pracownika Europejskiej Organizacji Badań Jądrowych CERN – *Tima Berners-Lee*²⁹, który wykorzystał istniejące już wówczas technologie Enquire i HTTP. W rezultacie powyższego *Tim Berners-Lee* wcielił w życie swój projekt, który to zakończył się na tyle ogromnym sukcesem, że współpracę z jego pomysłodawcą rozpoczęli wybitni naukowcy z całego świata, w tym Belgijczyk *Robert Cailliau*³⁰. Co więcej, opracowana przez niego technologia na kolejne dziesięciolecie do tego stopnia zrewolucjonizowała rozwój usług internetowych, że używany dla niej skrót WWW z czasem stał się właściwie synonimem Internetu – tym samym czyniąc jego zasługi zarówno dla rozwoju technologii internetowych, jak i technologii chmury obliczeniowej właściwie nieocenionymi.

Podobnie zresztą traktować należy także i pierwsze wykorzystanie w praktyce wizji *grid computing*. W latach 90., jak wspominają to jej twórcy *Ian Foster* i *Carl Kesselman*, zaczęli oni wyobrażać sobie infrastrukturę obliczeniową, która zapewni „dostęp do komputerów na żądanie” i pozwoli na elastyczne, bezpieczne, koordynowane współdzielenie zasobów dynamicznych zbiorów osób prywatnych i instytucji³¹. Analogicznie rzecz ujmując, *grid computing*³², podobnie jak sieć energetyczna, miała umożliwiać dostęp do jej mocy na żądanie, przy jednoczesnej agregacji dostaw. Przekładając więc powyższe założenia na praktykę, *grid computing* po raz pierwszy wykorzystano w projekcie

²⁶ *Ibidem*.

²⁷ Zob. więcej: *J. Shahin*, A European history of the Internet, ScPP, vol. 33, No. 9, s. 687 i n.

²⁸ *J.F. Kurose*, *K.W. Ross*, Sieci komputerowe, s. 98–99.

²⁹ *Ibidem*.

³⁰ *M. Mikołajewski*, Historia sieci, czyli od ARPANET-u do Internetu, <http://pclab.pl/ar-t33917-3.html> (dostęp: 15.2.2017 r.).

³¹ *I. Foster*, *C. Kesselman*, The history of the Grid, s. 22–26, <http://www.ianfoster.org/wordpress/wp-content/uploads/2014/01/History-of-the-Grid-numbered.pdf> (dostęp: 19.2.2017 r.).

³² Na temat genezy technologii *grid computing* zob. więcej: *L. Smarr*, Grids in Context, w: *I. Foster*, *C. Kesselman* (red.), The Grid 2: Blueprint for a New Computing Infrastructure, San Francisco CA, USA 2002, s. 3–12; *B. Wilkinson*, Grid computing: Techniques and Applications, Boca Raton 2009, s. 1–12.

SETI@home (ang. *Search for Extra-Terrestrial Intelligence*) mającym na celu poszukiwanie inteligentnego życia pozaziemskiego³³. Dzięki jej zastosowaniu, każdy posiadacz komputera mógł pobrać fragment danych i przeprowadzić obliczenia w czasie wolnym od własnych obliczeń, co w konsekwencji umożliwiało wykorzystanie mocy obliczeniowej komputerów rozproszonych po całym świecie. To zaś stanowiło na tyle istotną zmianę w podejściu do wykorzystywania mocy obliczeniowej komputerów, iż koncepcja stworzona jeszcze w latach 90. XX w., do dnia dzisiejszego jest ciągle wykorzystywana i stale modyfikowana. Co więcej wskazać należy, iż bywa ona także utożsamiana z bezpośrednim protoplastą technologii chmury obliczeniowej. I jakkolwiek by nie oceniać powyższego, to z całą pewnością ukształtowanie się koncepcji, a później technologii *cloud computing*, wymagało jeszcze wielu innych odkryć i przeobrażeń technologicznych, zwłaszcza tych z lat 90. XX w.

Tak traktować należy m.in. powstanie, w 1993 r., służącej do przeglądania stron w technologii WWW, graficznej przeglądarki Mosaic³⁴ autorstwa *Marca Andreessena* oraz *Erica Bina*. W 1993 r. firma IBM wprowadziła na rynek urządzenie IBM Simon Personal Communicator, która pełniło jednocześnie funkcję telefonu, kalkulatora, notatnika i – co szczególnie istotne dla rozwoju technologii chmury obliczeniowej – funkcję poczty elektronicznej³⁵.

Na fali powyższych odkryć, w 1995 r. powstała przeglądarka AltaVista, która to klasyfikowała strony internetowe na podstawie częstotliwości występowania na nich danego słowa, co też z czasem stało się powodem wielu poważnych nadużyć. Dostrzegając to, dwaj naukowcy z Uniwersytetu w Stanford, tj. *Larry Page* i *Sergey Brin*³⁶ przedstawili koncepcję, w myśl której indeksowanie stron powinno odbywać przy uwzględnieniu kryterium ich jakości, a nie ilości występowania w ich treści danego słowa. Prowadząc prace w tym zakresie ostatecznie urzeczywistnili oni swój projekt uruchamiając przeglądarkę o na-

³³ M. Zakrzewicz, Grid Computing: wprowadzenie do przetwarzania danych, Materiały konferencyjne PLOUG'2003, Zakopane, 2003, s. 10–11, <http://www.cs.put.poznan.pl/mzakrzewicz/pubs/ploug03grid.pdf> (dostęp: 10.2.2017 r.).

³⁴ Zob. więcej: S.M. Marson, A Selective History of Internet Technology and Social Work, CHS 1997, vol. 14, iss. 2, s. 35–49.

³⁵ C. Arth, L. Gruber, R. Grasset, T. Langlotz, A. Mulloni, D. Schmalstieg, D. Wagner, The History of Mobile Augmented Reality Developments in Mobile AR over the last almost 50 years, Technical Report ICG–TR–2015–001Graz, November 11, 2015, s. 3, <https://arxiv.org/abs/1505.01319> (dostęp: 10.2.2017 r.).

³⁶ Zob. więcej: L. Lambert, Sergey Brin and Larry Page, w: H.W. Poole (red.), The Internet: A Historical Encyclopedia, t. 2, Santa Barbara 2005, s. 46–52.

zwie Google³⁷ – inspirując się w tym zakresie słowem „googol”, które oznacza liczbę jeden ze stoma zerami³⁸.

W konsekwencji powyższego rozpoczęła się rewolucja internetowa, która to przez kolejne dziesięciolecia przeobrażała życie ludzkie na niespotykaną dotąd skalę. O ile bowiem jeszcze w 1989 r. na świecie istniało ok. 100.000 serwerów³⁹, a niespełna dziesięć lat później, tj. w 1997 r. sieć składała się aż z ponad 19,5 miliona serwerów, miliona stron WWW oraz ponad 71 tysięcy grup dyskusyjnych⁴⁰, o tyle też już w 2019 r. liczba stron WWW wynosiła ok. 1,5 miliarda, z czego ok. 200 milionów było aktywnych⁴¹. Natomiast już w 1996 r., na rynku pojawił się telefon Nokia 9000 Communicator, który – jako pierwszy na świecie – umożliwiał przeglądanie przy jego pomocy stron internetowych⁴². Tym samym więc rozpoczęła się rewolucja, której skutkiem był nie tylko rozwój technologii telefonów komórkowych aż do ery tzw. „smartfonów”, ale też rewolucja w dziedzinie wykorzystania i upowszechnienia dostępu do technologii *cloud computing*. Oto bowiem wraz z powstaniem pierwszych telefonów obsługujących pocztę elektroniczną, które to z czasem stawały się coraz mniejsze – technologia chmury obliczeniowej stała się dostępna właściwie już „po sięgnięciu do kieszeni”. Od tego czasu Internet stał się nieodłącznym elementem cywilizacji, wokół którego to zaczęło organizować się nie tylko codzienne życie setek tysięcy, a z czasem i milionów ludzi, ale również rozwój wielu firm i korporacji. Tym samym, wszystkie – jak dotąd oceniane w kategoriach surrealistycznych – wizje takich naukowców, jak *Paul Baran* czy *John McCarthy*, urzeczywistniły się. Co więcej, olbrzymi potencjał Internetu w połączeniu z dość dobrze już wówczas rozwiniętymi technologiami komputerowymi, stał się impulsem do tworzenia kolejnych wielkich idei, w tym również koncepcji chmury obliczeniowej.

Oto w 1996 r. grupa specjalistów firmy Compaq snuła dywagacje na temat przyszłości Internetu i szerzej technologii komputerowych. Wśród wielu zgłaszanych wówczas koncepcji pojawiła się i ta, która już w niedalekiej przyszło-

³⁷ Zob. więcej: A. Crowley Redding, Google It: A History of Google. How two students' mission to organize the Internet changed the World.

³⁸ J. Ryan, A History of the Internet, s. 119.

³⁹ J. Strzembowski, Historia Internetu, http://computersun.pl/internet/artykuly/historia-internetu-i_15.html (dostęp: 24.2.2017 r.).

⁴⁰ J. Gołaczyński, Umowy elektroniczne w prawie prywatnym, s. 15.

⁴¹ Mobirank, Ile jest stron internetowych na świecie?, <https://mobirank.pl/2019/08/22/ile-jest-stron-internetowych-na-swiecie-stan-na-sierpień-2019/> (dostęp: 17.12.2019 r.).

⁴² *Ibidem*.

ści zmaterializowała się dając początek jednej z najszybciej rozwijających się obecnie technologii z branży IT⁴³, a mianowicie koncepcji chmury obliczeniowej. Obserwując bowiem dotychczasowe przeobrażenia w dziedzinie Internetu i komputeryzacji, dwaj specjaliści Compaq, tj. *George Favaloro* i *Sean O’Sullivan* doszli do przekonania, iż w niedalekiej przyszłości dostęp do oprogramowania, przechowywania, jak i mocy obliczeniowej komputerów będzie uzyskiwać się poprzez działania podejmowane w Internecie⁴⁴. Powyższe założenia sprecyzowali oni następnie w jednym z biznes planów firmy używając dla nich określenia „*cloud computing*”. To zaś, w literaturze przedmiotu, bywa oceniane jako pierwsze w historii użycie terminu *cloud computing* w dokumencie⁴⁵. I jakkolwiek od owego wydarzenia musiał jeszcze upłynąć pewien czas, aby technologia *cloud computing* wykrystalizowała się w pełni, to niemniej jednak już samo pojawienie się terminu chmury obliczeniowej stanowiło milowy krok na drodze rozwoju tejże technologii. Jednoznacznie bowiem w branży technologii informatycznych zaczęła uzewnętrzniać się wówczas potrzeba nowatorskiego podejścia do wykorzystywania mocy obliczeniowej komputerów, która wraz z upływem czasu ewoluowała w coraz bardziej zawrotnym tempie.

W 1999 r., a więc zaledwie po trzech latach od pojawienia się terminu *cloud computing*, przedsiębiorstwo *Salesforce.com* dokonało istotnego przełomu w zakresie wykorzystania technologii *cloud computing* i jej popularyzacji. Jako pierwsze na świecie wprowadziło ono na rynek usługę umożliwiającą uzyskanie dostępu do oprogramowania czy też aplikacji poprzez Internet, niwelu-

⁴³ Skrót „IT” rozumieć należy jako technologia informacyjna (ang. *Information Technology*) – tj. dziedzina wiedzy, integrująca różne technologie (sprzęt komputerowy oraz oprogramowaniem, telekomunikacja, teleinformatyka) służące pozyskiwaniu informacji, selekcjonowaniu jej, analizowaniu, przetwarzaniu, przechowywaniu, zarządzaniu oraz przekazywaniu innym ludziom.

⁴⁴ Zob. więcej: *N. Daylami*, The origin and Construct of Cloud Computing, *IJourABW* 2015, vol. 9, iss. 2, s. 41–42; *S. Srinivasan*, Cloud Computing Basics, New York 2014, s. 4; The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (13.1.2017 r.).

⁴⁵ W tym temacie wskazać należy, iż w literaturze przedmiotu toczą się spory dotyczące początków genezy samego pojęcia *cloud computing*. Pojawiają się również i takie poglądy, w myśl których terminem tym posłużył się po raz pierwszy prof. *Rammath Chellappa*, z Uniwersytetu w Teksasie, w swojej publikacji „Intermediaries on cloud computing”. Rozstrzygając niejako ten spór wskazać należy, iż w przypadku specjalistów z firmy Compaq mieliśmy doczynienia nie tyle z publikacją naukową, co z dokumentem wewnętrznym przedsiębiorstwa w postaci biznes planu. Tym samym więc żadnego z powyższych wydarzeń nie należy deprecjonować, a przyznanie zasług w postaci wpływu na powstanie pojęcia *cloud computing* należy się zarówno specjalistą z Compaq, jak i prof. *Chellappa*. Zob. więcej: *A. Regaldo*, Who Coined „Cloud Computing”?, MIT Technology Review, <https://www.technologyreview.com/s/425970/who-coined-cloud-computing/> (dostęp: 18.1.2017 r.).

jąc tym samym konieczność ich zakupu⁴⁶. Dzięki temu, już pod koniec XX w., *cloud computing* przeobraził się z idei w realną technologię, a *Salesforce* stał się pionierem w zakresie świadczenia usług w chmurze obliczeniowej, a właściwie w jednym z jej modeli⁴⁷, tj. w *Software as a Service (SaaS)*⁴⁸.

Lata 90. XX w. to także czas, gdy – jak to oceniają niektórzy – również w Polsce zaczęła pojawiać się technologia w wielu kwestiach zbieżna do tego, co dziś rozumiemy pod pojęciem *cloud computing*. Tak ocenia się funkcjonowanie tzw. Ośrodków Obliczeniowych, które pracowały bądź na potrzeby konkretnego podmiotu i były jego własnością (np. w zakładach przemysłowych), bądź spełniały zadania dla określonej grupy odbiorców (np. w Polsce, Zakłady Elektronicznej Techniki Obliczeniowej). I choć trudno je nazwać usługami w chmurze, ponieważ nie były powszechne, a dostęp do nich był ograniczony, także w fizycznym znaczeniu, to spełniały część założeń *cloud computingu*. Na przykład wszelkie procesy związane z przetwarzaniem w nich danych były poza zasięgiem użytkownika końcowego⁴⁹, a interfejsem dla użytkownika końcowego był papier lub terminal znakowy przypięty do konkretnego serwera (nawet jeżeli było to połączenie zdalne)⁵⁰.

Asocjacja przytoczonych powyżej okoliczności faktycznych i różnych przełomowych momentów w rozwoju techniki komputerowej i Internetu sprawiła, iż w rzeczywistości – metaforycznie rzecz ujmując – rozpoczął się zupełnie nowy rozdział w historii branży IT i tym samym chmury obliczeniowej. Z perspektywy czasu ocenia się, iż wpływ miały głównie dwa czynniki, tj. kryzys branży internetowej, jak i powstanie zjawiska *big data*, rozumianego jako zjawisko powstawania takich „zbiorów danych, które jednocześnie charakteryzują się dużą objętością, różnorodnością, strumieniowym napływem w czasie rzeczywistym, zmiennością, jak również wymagają zastosowania innowacyj-

⁴⁶ Zob. więcej: *M. Benioff, C. Adler, Behind the Cloud: The Untold Story of How Salesforce.com Went from Idea to billion-dollar company-and revolutionized an industry*, San Francisco 2009.

⁴⁷ Więcej na temat klasyfikacji modeli chmury obliczeniowej w dalszej części pracy.

⁴⁸ The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

⁴⁹ Websecurity, Intergalaktyczna sieć komputerowa – krótko o historii cloud computingu, <http://websecurity.pl/tag/historia-chmury/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

⁵⁰ J. Łagowski, Cloud Computing – Co to jest, XVI Konferencja PLOUG Kościelisko Październik 2010, <http://www.ploug.org.pl/wp-content/uploads/ploug-konferencja-16-10.pdf>, s. 147–148 (dostęp: 13.1.2017 r.).

nych technologii, narzędzi i metod informatycznych w celu wydobycia z nich nowej i użytecznej wiedzy”⁵¹.

Kiedy to na początku XXI w. doszło do największego jak dotąd kryzysu w branży IT, wiele przedsiębiorstw i korporacji, próbując tym samym przezwyciężyć trudną sytuację na rynku, zaczęło poszukiwać alternatywnych metod świadczenia usług. Jednocześnie dostrzeżono, że w ciągu ostatniego roku, tj. 2001, na świecie wyprodukowano blisko pięć eksabajtów⁵² nowych informacji, z czego aż 92% z nich zostało zapisanych na nośnikach trwałych, tj. na dyskach twardych komputerów⁵³. Tym samym więc zrodziła się konieczność zastosowania technologii, która w największym stopniu odpowiadałaby ówczesnym realiom, a najbardziej optymalnym w tym zakresie zdawał się być właśnie *cloud computing*. W związku z tym wiele podmiotów zaczęło wprowadzać usługi chmury, rywalizując w tym względzie o miano lidera.

Jednym z pierwszych, które zaczęły odnosić sukces we wdrażaniu technologii *cloud computing*, był Amazon. W 2002 r. udostępnił, przez *Amazon Mechanical Turk*⁵⁴, zestaw usług w chmurze, a następnie w 2006 r. jako pierwsza na świecie, wprowadziła usługę *Elastic Compute Cloud (EC2)*⁵⁵, tj. komercyjny serwis umożliwiający wynajem sprzętu dla potrzeb uruchomienia własnej aplikacji (*Infrastructure as a Service – IaaS*)⁵⁶.

W tym samym czasie potencjał chmury obliczeniowej został dostrzeżony przez przedstawicieli Google, czemu podczas zorganizowanej w 2006 r. konferencji *Search Engine Strategies Conference* dał wyraz *Eric Schmidt* – dyrektor generalny tejże korporacji⁵⁷. Opisując nowy model świadczenia usług przez

⁵¹ Zob. M. Tabakow, J. Korczak, B. Franczyk, Big data-definicje, wyzwania i technologie informatyczne, IE 2014, Nr 1(31), s. 141 i cyt. tam literatura.

⁵² Eksabajt to jednostka używana w informatyce oznaczająca odpowiednio trylion bajtów. Zob. Hasło: Eksabajt, Wikipedia Wolna Encyklopedia, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Eksabajt> (dostęp: 4.3.2017 r.).

⁵³ The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

⁵⁴ Zob. Intergalaktyczna sieć komputerowa – krótko o historii cloud computing, <http://websecurity.pl/tag/chmura-obliczeniowa/> (dostęp: 4.3.2017 r.).

⁵⁵ Zob. więcej: Amazon, Amazon EC2, <https://aws.amazon.com/ec2/> (dostęp: 17.12.2019 r.); P. Neto, Demistifying Cloud Computing, w: A.A. Sousa, E. Oliveira (red.), Proceedings of the 6th Doctoral Symposium in Informatics Engineering, Porto Portugal 2011, s. 264.

⁵⁶ Zob. więcej: G. Kulkarni, R. Sutar, J. Gambhir, Cloud computing-infrastructure as service-amazon ec2, IJERA 2012, vol. 2, iss. 1, s. 121–124.

⁵⁷ T. Zhimin, L. Qi, Y. Guangwen, Integrating Cloud-Computing-Specific Model into Aircraft Design w: M.G. Jaatun, G. Zhao, Ch. Rong (red.), Cloud Computing, First International Conference, CloudCom 2009, Beijing 2009, s. 632.

Google stwierdził wówczas, iż punktem wyjścia dla niego było „założenie, że usługi transmisji danych i architektury powinny znajdować się na serwerach. To zaś powinno być określane mianem *cloud computing*”. Przekonania E. Schmidta zostały zresztą urzeczywistnione jeszcze tego samego roku, kiedy to Google wprowadziła na rynek zestaw narzędzi *Google Apps* obejmujący m.in. takie usługi, jak *Gmail* (poczta elektroniczna), *Google Drive*, *Google Docs*⁵⁸ – a więc te, których użyteczność mogła być wykorzystywana już nie tylko przez podmioty biznesowe, ale też osoby prywatne.

Następnie do grona przedsiębiorstw oferujących technologię *cloud computing* dołączyła korporacja IBM. Co ciekawe jako pierwsza na świecie, w 2007 r., wykorzystwała ona funkcjonalność przedmiotowej technologii w zupełnie nowym kierunku, tj. w zakresie świadczenia usług medycznych⁵⁹.

W Polsce pierwszą polską platformę chmury obliczeniowej, w pełni spełniającą wymogi NIST, wprowadziła w 2012 r.⁶⁰ spółka Oktawave⁶¹. Znaczący moment na drodze do rozwoju i rozpowszechnienia usług tej spółki miał miejsce w 2014 r., kiedy to platforma Oktawave została uznana za jednego z wiodących dostawców usług chmury obliczeniowej w niezależnym zestawieniu opracowanym przez organizację CloudHarmony. Testy wykazały, że ta polska technologia ma pozycję lidera na rynku chmur obliczeniowych, wyprzedzając takie rozwiązania, jak Amazon Web Services czy Microsoft Azure⁶².

Inne źródła wskazują, że przed wprowadzeniem na rynek chmury obliczeniowej przez spółkę Oktawave, w grudniu 2011 r. rozpoczęła funkcjonowanie publiczna chmura obliczeniowa e24cloud oferowana przez spółkę Beyond.pl⁶³.

Z czasem *cloud computing* zyskał także sprzymierzeńca w postaci rządów różnych państw, a także służb specjalnych. W 2012 r. rząd Wielkiej Brytanii rozpoczął projekt *G-Cloud*⁶⁴, zakładający powstanie wzajemnie wspierających się i uzupełniających serwisów z e-usługami zarówno dla pracowników sektora

⁵⁸ The era of cloud computing, <https://www.matillion.com/cloud-computing-era/> (dostęp: 13.1.2017 r.).

⁵⁹ *Ibidem*.

⁶⁰ Pierwsze prace koncepcyjne podjęto już w 2008 r. Zob. Hasło: Oktawave, Wikipedia Wolna Encyklopedia, <https://pl.wikipedia.org/wiki/Oktawave> (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁶¹ Oktawave, <https://oktawave.com/pl/firma/poznaj-nas> (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁶² Oktawave – kolejny rozdział w historii chmur obliczeniowych, https://ec.europa.eu/regional_policy/pl/projects/poland/oktawave-the-next-step-in-cloud-computing (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁶³ Beyond, <https://www.beyond.pl/o-nas/#collapse> (dostęp: 18.12.2019 r.).

⁶⁴ Ang. *Government Cloud*, tj. Chmura rządowa.

publicznego jak i obywateli brytyjskich⁶⁵. W ramach tego projektu usługi dostępne są publicznie poprzez portal „Digital Marketplace”⁶⁶ umożliwiający organom sektora publicznego wyszukiwanie usług objętych zakresem G-Cloud.

Podobne inicjatywy powstały też w Francji (*Andromède*) czy Estonii⁶⁷.

I tak pierwszy ze wskazanych wyżej projektów, tj. *Andromède*⁶⁸, uruchomiony został w 2011 r., a u podstaw jego powstania legła przewidziana przepisami prawa francuskiego konieczność przetwarzania pewnej kategorii danych tylko i wyłącznie na terenie Francji. Głównym celem tego projektu, realizowanego przy pomocy dwóch podmiotów (tj. Numergy oraz Cloudwatt), było udostępnienie spółkom i administracji rządowej Francji infrastruktury IT zdolnej do przechowywania informacji i aplikacji, które będą dostępne w sposób zdalny i zabezpieczony⁶⁹.

Poza wskazanymi powyżej projektami na szczególną uwagę zasługują także działania podejmowane przez Estonię, która pochwalić może się już dość długą tradycją w wykorzystywaniu technologii chmury obliczeniowej dla celów publicznych i administracji rządowej. Geneza tychże przedsięwzięć sięga już bowiem 2007 r., kiedy to Estonia w obliczu ataku na państwowe strony internetowe postanowiła się zabezpieczyć i przeprowadziła testy usługi *cloud*. Pierwszym z nich było przeniesienie strony prezydenta Estonii *Toomasa Hendrika Ilvesa* do chmury za pomocą zewnętrznych komputerów z centrali Microsoft w Dublinie i Amsterdamie. Drugi test dotyczył natomiast ewentualnych obciążeń serwerów, na których byłyby przechowywane rozporządzenia i akty prawne⁷⁰. Ostatecznie zdecydowano, iż estońska chmura obliczeniowa ma mieć charakter hybrydowy (prywatno-publiczny) i składać się z trzech kluczowych elementów: chmury prywatnej (rządowej), chmury publicznej oraz tzw. ambasad danych⁷¹. Koncepcja e-ambasady urzeczywistniła się w 2015 r., choć umowa pomiędzy Luksemburgiem a Estonią w końcowej wersji podpi-

⁶⁵ P. Wagłowski, W Wielkiej Brytanii ferment w sferze struktury elektronicznej władzy, <http://prawo.vagla.pl/node/8939> (dostęp: 5.3.2017 r.).

⁶⁶ Zob. więcej: <https://www.digitalmarketplace.service.gov.uk/> (dostęp: 11.10.2017 r.).

⁶⁷ Zob. V. Kundra, Federal Cloud Computing Strategy, <https://www.dhs.gov/sites/default/files/publications/digital-strategy/federal-cloud-computing-strategy.pdf> (dostęp: 9.3.2017 r.).

⁶⁸ Zob. Dyrekcja Generalna ds. polityki wewnętrznej Unii Europejskiej, Chmury obliczeniowe. Ekspertyza, s. 21.

⁶⁹ A. Krasuski, Chmura obliczeniowa. Prawne aspekty zastosowania, Warszawa 2018, s. 88.

⁷⁰ L. Polak, Mały kraj w wielkiej chmurze, <https://www.hbrp.pl/b/maly-kraj-w-wielkiej-chmurze/CZSeC3Wz> (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁷¹ K. Popławski, Estonia w chmurze, <http://przegladbaltycki.pl/2498,estonia-w-chmurze.html> (dostęp: 8.3.2017 r.).

sana została w 2017 r. Tym samym Luksemburg stał się swoistą e-ambasadą, przy czym pojęcia tego nie można utożsamiać z rozumieniem ambasady wynikającym z prawa międzynarodowego⁷², ale z centrami danych, będącymi pod wyłączną kontrolą Estonii i które są zabezpieczone przed atakami cybernetycznymi lub sytuacjami kryzysowymi dzięki technologii blockchain i są w stanie nie tylko tworzyć kopie zapasowe danych, ale także obsługiwać najbardziej krytyczne usługi⁷³.

Znacznie później niż w przywołanych powyżej przykładach potrzeba wykorzystania potencjału chmury obliczeniowej dla celów publicznych (i szerzej państwa) dostrzeżona została w Polsce. Na początku listopada 2018 r. Polski Fundusz Rozwoju i Bank PKO BP ogłosiły powołanie spółki⁷⁴ – Operator Chmury Krajowej (OChK), której celem było stworzenie krajowej chmury obliczeniowej, rozwijającej usługi związane z przetwarzaniem i przechowywaniem danych, dedykowane polskim przedsiębiorstwom, administracji publicznej i sektorowi edukacji.

Priorytetowym obszarem działania – jak zapewnia sam OChK – są duże przedsiębiorstwa z sektorów regulowanych, a usługi, świadczone w modelu subskrypcyjnym, obejmują: a) iIaaS, czyli udostępnianie infrastruktury IT; b) iPaaS, czyli dostarczanie kompletnej platformy IT niezbędnej do uruchamiania aplikacji biznesowych, w szczególności baz danych (w tym *blockchain*), serwerów aplikacyjnych, serwerów web i zaawansowanych narzędzi analitycznych; c) ISaaS, czyli usługi udostępniania zainstalowanego w chmurze oprogramowania realizującego określone funkcje biznesowe, np. pakiet biurowy czy system do obsługi kadrowej; d) bezpieczeństwo IT dla przedsiębiorców i instytucji publicznych; e) usługi wsparcia, migracji oraz transformacji architektury IT do rozwiązań chmurowych⁷⁵.

Równolegle do powyższej Krajowej Chmury Obliczeniowej w Polsce, od 2019 r., realizowana jest inicjatywa Ministerstwa Cyfryzacji i przy udziale Centralnego Ośrodka Informatyki, tzw. chmura rządowa. Ma ona być bezpiecz-

⁷² Podkreślić jednak należy, iż wobec estońskiej ambasady danych w Luksemburgu zastosowane zostaną postanowienia Konwencji wiedeńskiej o stosunkach dyplomatycznych, dzięki czemu będzie się ona cieszyła identyczną ochroną i immunitetem jak tradycyjne ambasady.

⁷³ K. Popławski, Estonia (dostęp: 8.3.2017 r.).

⁷⁴ A. Tarkowski, Polska Chmura Krajowa – o co chodzi w tym projekcie, <https://www.polityka.pl/tygodnikpolityka/ludzieistyle/1770726,1,polska-chmura-krajowa-o-co-chodzi-w-tym-projekcie.read> (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁷⁵ Zob. więcej: LinkedIn, Operator Chmury Krajowej, <https://pl.linkedin.com/company/operator-chmury-krajowej> (dostęp: 13.12.2019 r.).

nym rozwiązaniem dedykowanym dla istotnych z punktu widzenia państwa systemów, w tym rejestrów państwowych. Aktualnie w chmurze umieszczone są dwa systemy: mObywatel oraz Otwarte Dane. Pierwszy z nich, a więc mObywatel, to bezpłatna i oficjalna rządowa aplikacja na smartfony. Dzięki niej użytkownik zyskuje szybki dostęp do swoich mDokumentów, takich jak mTożsamość, mLegitymacja szkolna czy mLegitymacja studencka. Z kolei portal Dane.gov.pl jest źródłem wiarygodnych, na bieżąco aktualizowanych danych udostępnianych bezpłatnie do ponownego wykorzystywania. Do korzystania z serwisu nie jest wymagana licencja ani nawet rejestracja⁷⁶.

Natomiast 24.9.2019 r. Rada Ministrów przyjęła uchwałę ws. Inicjatywy „Wspólna Infrastruktura Informatyczna Państwa”. Dokument stanowi podstawę prawną budowy, rozwoju i utrzymania chmury obliczeniowej dla administracji publicznej oraz Rządowego Klastra Bezpieczeństwa (RKB), która to wprowadza do powszechnego stosowania nowe pojęcia związane z wykorzystaniem chmury obliczeniowej w administracji publicznej, określa zasady współpracy pomiędzy jednostkami odpowiedzialnymi za wdrożenie inicjatywy i ma na celu wypracowanie standardów cyberbezpieczeństwa dla chmur obliczeniowych⁷⁷.

Wreszcie – przenosząc się na poziom ponadnarodowy – wskazać należy, że również UE ogłosiła w 2012 r. swoją strategię w zakresie wykorzystania potencjału chmury obliczeniowej w Europie⁷⁸, w której podkreślono, iż „Komisja zamierza umożliwić i ułatwić szybsze przyjęcie modelu chmury obliczeniowej we wszystkich sektorach gospodarki, co może przyczynić się do obniżenia kosztów związanych z technologiami informacyjnymi i komunikacyjnymi, a także, w połączeniu z nowymi praktykami w ramach cyfrowej działalności gospodarczej, może wpłynąć na zwiększenie wydajności, wzrostu gospodarczego i zatrudnienia”, a osiągnięciu przedmiotowego celu służyć mają m.in. „dodatkowe działania, opierające się analizie całościowej polityki oraz otoczenia regulacyjnego i technologicznego oraz na szeroko zakrojonych konsulta-

⁷⁶ Ministerstwo Cyfryzacji, Rządowa chmura obliczeniowa już działa!, <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/rzadowa-chmura-obliczeniowa-juz-dziala> (dostęp: 18.2.2019 r.).

⁷⁷ Ministerstwo Cyfryzacji, Chmura rządowa zyskała nowy status!, <https://www.gov.pl/web/cyfryzacja/chmura-rzadowa-zyskala-nowy-status> (dostęp: 12.12.2019 r.).

⁷⁸ Komunikat Komisji do Parlamentu Europejskiego, Rady, Europejskiego Komitetu Ekonomiczno-Społecznego i Komitetu Regionów w sprawie wykorzystania potencjału chmury obliczeniowej w Europie, COM (2012) 529 final.