A. Przetwarzanie w chmurze

Przetwarzanie w chmurze to dostępność na żądanie zasobów systemu komputerowego, w szczególności przechowywania danych i mocy obliczeniowej, bez bezpośredniego, aktywnego zarządzania przez użytkownika. Termin ten jest zwykle używany do określenia centrów danych dostępnych dla wielu użytkowników przez Internet. Duże chmury, dominujące obecnie, często mają funkcje rozproszone po wielu miejscach z centralnych serwerów. Jeśli połączenie z użytkownikiem jest stosunkowo bliskie, może ono zostać wyznaczone jako serwer brzegowy.

Chmury mogą być ograniczone do jednej organizacji (chmury korporacyjne) lub być dostępne dla wielu organizacji (chmury publiczne).

Przetwarzanie w chmurze polega na współdzieleniu zasobów w celu osiągnięcia spójności i ekonomii skali.

Zwolennicy chmur publicznych i hybrydowych zauważają, że chmura obliczeniowa pozwala firmom uniknąć lub zminimalizować koszty wstępne związane z infrastrukturą IT. Zwolennicy chmury twierdzą również, że chmura obliczeniowa pozwala przedsiębiorstwom na szybsze uruchamianie aplikacji, przy lepszych możliwościach zarządzania i mniejszym zapotrzebowaniu na konserwację, oraz że umożliwia zespołom IT szybsze dostosowywanie zasobów w celu zaspokojenia zmiennego i nieprzewidywalnego zapotrzebowania. Dostawcy usług w chmurze zazwyczaj stosują model „pay-as-you-go" [*formę usługi przedpłaconej rozliczanej w zależności od rzeczywistego zużycia – przyp. tłum.*], co może prowadzić do nieoczekiwanych kosztów operacyjnych, jeśli administratorzy nie są zaznajomieni z modelami cenowymi chmury. Dostępność sieci o dużej pojemności, tanich komputerów i urządzeń pamięci masowej, a także powszechne stosowanie wirtualizacji sprzętu, architektury zorientowanej na usługi oraz przetwarzania autonomicznego i użytkowego doprowadziło do rozwoju chmury obliczeniowej. Do 2019 r. Linux stał się najczęściej stosowanym systemem operacyjnym, również w ofercie Microsoftu, i dlatego jest określany jako dominujący. Dostawca usług w chmurze (CSP) będzie monitorował, śledził i gromadził dane o zaporach ogniowych, identyfikacji włamań lub/i o ramach przeciwdziałania, a także strumieniu informacji wewnątrz sieci.

A.1. Czym jest chmura

Celem przetwarzania w chmurze jest umożliwienie użytkownikom korzystania ze wszystkich tych technologii bez konieczności posiadania głębokiej wiedzy specjalistycznej o każdej z nich. Celem chmury jest obniżenie kosztów i pomoc użytkownikom, by skupili się na swojej podstawowej działalności zamiast zmagać się z przeszkodami informatycznymi. Główną technologią umożliwiającą korzystanie z chmury obliczeniowej jest wirtualizacja. Oprogramowanie do wirtualizacji dzieli fizyczne urządzenie obliczeniowe na jedno lub więcej „wirtualnych" urządzeń, z których każde może być łatwo wykorzystywane i zarządzane do wykonywania zadań obliczeniowych. Dzięki wirtualizacji na poziomie systemu operacyjnego, która zasadniczo tworzy skalowalny system wielu niezależnych urządzeń obliczeniowych, bezczynne zasoby obliczeniowe mogą być przydzielane i wykorzystywane bardziej efektywnie. Wirtualizacja zapewnia sprawność niezbędną do przyspieszenia operacji informatycznych i zmniejsza koszty poprzez zwiększenie wykorzystania infrastruktury. Obliczenia autonomiczne automatyzują proces, dzięki któremu użytkownik może udostępniać zasoby na żądanie. Minimalizując zaangażowanie użytkowników, automatyzacja przyspiesza proces, zmniejsza koszty pracy i zmniejsza możliwość wystąpienia błędów ludzkich.

Przetwarzanie w chmurze wykorzystuje koncepcje z zakresu przetwarzania usługowego (utility computing) w celu dostarczenia metryki dla wykorzystywanych usług. Przetwarzanie w chmurze stara się rozwiązywać problemy QoS (jakość usług) i niezawodności innych modeli przetwarzania siatkowego.

Przetwarzanie w chmurze mają wspólne cechy z innymi modelami, takimi jak:

- Model klient-serwer – przetwarzanie klient-serwer odnosi się szeroko do każdej rozproszonej aplikacji, która odróżnia dostawców usług (serwerów) wysyłających żądania usług (klientów).

- Biuro obliczeniowe – biuro usług świadczące usługi komputerowe, w szczególności w latach 1960-tych do 1980-tych.
- Obliczenia siatkowe – forma rozproszonych i równoległych obliczeń, w której „super- i wirtualny komputer" składa się z klastra połączonych w sieć, luźno sprzężonych ze sobą komputerów działających wspólnie w celu wykonywania bardzo dużych zadań.
- Przetwarzanie we mgle – rozproszony paradygmat obliczeniowy, który świadczy usługi aplikacyjne związane z danymi, obliczeniami, przechowywaniem bliżej klienta lub urządzeń brzegowych w pobliżu użytkownika, takich jak routery sieciowe. Ponadto, przetwarzanie we mgle obliczeniowej obsługuje dane na poziomie sieci, na urządzeniach inteligentnych i po stronie klienta użytkownika końcowego (np. urządzeniach przenośnych), zamiast wysyłać dane do przetwarzania w odległej lokalizacji.
- Komputer główny (mainframe) – potężne komputery używane głównie przez duże organizacje do zastosowań krytycznych, zazwyczaj do masowego przetwarzania danych, takich jak: spis powszechny; statystyki przemysłowe i konsumenckie; policja i tajne służby wywiadowcze; planowanie zasobów przedsiębiorstwa; oraz przetwarzanie transakcji finansowych.
- Przetwarzanie usługowe – „pakiet zasobów obliczeniowych, takich jak obliczenia i przechowywanie, jako usługa opomiarowana podobna do tradycyjnej usługi użyteczności publicznej, takiej jak energia elektryczna".
- Peer-to-peer – rozproszona architektura bez potrzeby centralnej koordynacji. Uczestnicy są zarówno dostawcami, jak i konsumentami zasobów (w przeciwieństwie do tradycyjnego modelu klient-serwer).
- Zielona Informatyka (Green computing)
- Cloud sandbox (piaskownica w chmurze) – żywe, izolowane środowisko komputerowe, w którym program, kod lub plik może być uruchamiany bez wpływu na aplikację, w której działa.

A.2. Charakterystyka

Przetwarzanie w chmurze wykazuje następujące kluczowe cechy:

- Może zwiększyć się zwinność organizacji, ponieważ przetwarzanie w chmurze może zwiększyć elastyczność użytkowników poprzez reorganizację, dodawanie lub rozszerzanie zasobów infrastruktury technologicznej.
- Dostawcy usług w chmurze zgłaszają obniżenie kosztów. Model dostarczania przez chmurę publiczną przekształca nakłady kapitałowe (np. zakup serwerów) w nakłady operacyjne. To rzekomo obniża bariery wejścia na rynek, ponieważ infrastruktura jest zazwyczaj dostarczana przez osobę trzecią i nie musi być kupowana do jednorazowych lub niezbyt częstych intensywnych zadań obliczeniowych. Wyceny na podstawie przetwarzania użytkowego są „drobnoziarniste" (precyzyjne) i obejmują opcje rozliczania w oparciu o faktyczne użytkowanie. Ponadto, do realizacji projektów wykorzystujących chmurę obliczeniową potrzeba mniej umiejętności informatycznych w samej firmie. Najnowocześniejsze repozytorium projektu e-FISCAL zawiera kilka artykułów szczegółowo analizujących aspekty kosztowe, z których większość stwierdza, że oszczędność kosztów zależy od rodzaju wspieranych działań i rodzaju infrastruktury dostępnej wewnętrznie.
- Niezależność od urządzeń i lokalizacji umożliwia użytkownikom dostęp do systemów za pomocą przeglądarki internetowej bez względu na to, gdzie się znajdują i z jakiego urządzenia korzystają (np. komputera lub telefonu komórkowego). Ponieważ infrastruktura znajduje się poza siedzibą (zazwyczaj dostarczana przez osobę trzecią) i jest dostępna przez Internet, użytkownicy mogą się z nią łączyć z dowolnego miejsca.
- Utrzymanie aplikacji do przetwarzania w chmurze jest łatwiejsze, ponieważ nie trzeba ich instalować na komputerze każdego użytkownika i można do nich uzyskać dostęp z różnych miejsc (np. różnych miejsc pracy, podczas podróży itp.).
- Architektura multitenancy (dla wielu dzierżawców) umożliwia współdzielenie zasobów i kosztów w ramach dużej puli użytkowników, pozwalając tym samym na:
  - centralizację infrastruktury w miejscach o niższych kosztach (takich jak nieruchomości, energia elektryczna, itp.)
  - wzrost wydajności obciążenia szczytowego (użytkownicy nie potrzebują projektowania inżynierskiego i nie muszą płacić za zasoby i sprzęt, aby sprostać najwyższym możliwym poziomom obciążenia)

- poprawę wykorzystania i wydajności systemów, które są często wykorzystywane tylko w 10-20%.
- Wydajność jest monitorowana przez ekspertów IT dostawcy usług, a spójne i luźno powiązane architektury są budowane przy użyciu usług internetowych jako interfejsu systemu.
- Wydajność może zostać zwiększona, gdy wielu użytkowników może pracować na tych samych danych jednocześnie, zamiast czekać na ich zapisanie i wysłanie pocztą elektroniczną. Można zaoszczędzić czas, ponieważ informacje nie muszą być ponownie wprowadzane w momencie, gdy pola są dołączane***; użytkownicy nie muszą też instalować uaktualnień oprogramowania aplikacji na swoim komputerze.
- Poprawia się niezawodność dzięki wykorzystaniu wielu nadmiarowych stron, co sprawia, że dobrze zaprojektowane przetwarzanie w chmurze nadaje się do ciągłości działania i odzyskiwania danych po awarii.
- Skalowalność i elastyczność dzięki dynamicznemu („na żądanie") dostarczaniu zasobów na zasadzie drobnoziarnistej, samoobsługowej w czasie zbliżonym do rzeczywistego (należy pamiętać, że czas uruchamiania maszyny wirtualnej różni się w zależności od typu maszyny wirtualnej, lokalizacji, systemu operacyjnego i dostawców usług w chmurze), bez konieczności inżynierskiego planowania obciążenia szczytowego przez użytkowników. Daje to możliwość skalowania w górę, gdy zapotrzebowanie na zasoby wzrasta, lub w dół, jeżeli zasoby nie są wykorzystywane. Pojawiające się podejścia do zarządzania elastycznością obejmują wykorzystanie technik uczenia maszynowego w celu zaproponowania efektywnych modeli elastyczności.
- Może się poprawić bezpieczeństwo dzięki centralizacji danych, zwiększeniu zasobów skoncentrowanych na bezpieczeństwie itp., ale mogą utrzymywać się obawy o utratę kontroli nad niektórymi wrażliwymi danymi oraz brak bezpieczeństwa przechowywanych jąder. Bezpieczeństwo jest często równie dobre lub lepsze niż w przypadku innych tradycyjnych systemów, po części dlatego, że dostawcy usług są w stanie poświęcić zasoby na rozwiązywanie problemów związanych z bezpieczeństwem, na co nie stać wielu klientów, którym może też brakować umiejętności technicznych, by takie problemy rozwiązać. Jednak złożoność bezpieczeństwa znacznie wzrasta, gdy dane są rozproszone na szerszym obszarze lub na większej liczbie urządzeń, a także w systemach wielodostępowych (dla wielu dzierżawców), współdzielonych przez niepowiązanych użytkowników. Ponadto dostęp użytkowników do dzienników z audytów bezpieczeństwa może być trudny lub niemożliwy. Prywatne instalacje w chmurze są częściowo motywowane chęcią zachowania przez użytkowników kontroli nad infrastrukturą i uniknięcia utraty kontroli nad bezpieczeństwem informacji. W definicji chmury obliczeniowej opracowanej przez Narodowy Instytut Norm i Technologii (*National Institute of Standards and Technology, NIST*) określono „pięć podstawowych cech":

Samoobsługa na żądanie. Konsument może jednostronnie zapewnić sobie możliwości przetwarzania danych, takie jak czas serwera i przechowywanie danych w sieci, w razie potrzeby automatycznie, bez konieczności interakcji człowieka z każdym dostawcą usług.

Szeroki dostęp do sieci. Potencjał możliwości jest dostępny w sieci, a dostęp uzyskuje się przez standardowe mechanizmy, które promują korzystanie z heterogenicznych cienkich lub grubych platform klienckich (np. telefonów komórkowych, tabletów, laptopów i stacji roboczych).

Łączenie zasobów w pule. Zasoby obliczeniowe dostawcy są łączone w pule w celu obsługi wielu konsumentów korzystających z modelu obsługującego wielu użytkowników (dzierżawców), przy czym różne zasoby fizyczne i wirtualne są dynamicznie przydzielane i ponownie przydzielane zgodnie z zapotrzebowaniem konsumentów.

Natychmiastowa elastyczność. Możliwości (usługi) mogą być elastycznie dostarczane i uwalniane, w niektórych przypadkach automatycznie, w celu szybkiego skalowania na zewnątrz i do wewnątrz współmiernie do zapotrzebowania. Dla konsumenta możliwości dostępne w zakresie rezerw często wydają się nieograniczone i mogą być wykorzystane w dowolnej ilości w dowolnym momencie.

Usługa zmierzona. Systemy chmurowe automatycznie kontrolują i optymalizują wykorzystanie zasobów, wykorzystując możliwości pomiarowe na pewnym poziomie abstrakcji odpowiednim do rodzaju usługi (np. przechowywanie, przetwarzanie, przepustowość i aktywne konta użytkowników). Wykorzystanie zasobów może być monitorowane, kontrolowane i raportowane, co zapewnia przejrzystość zarówno dla dostawcy, jak i konsumenta wykorzystywanej usługi.

— *Narodowy Instytut Norm i Technologii*

A.3. Modele usług

Chociaż architektura zorientowana na usługi zaleca podejście „Wszystko jako usługa" (z akronimami **EaaS** lub **XaaS**, lub po prostu **aas**), dostawcy przetwarzania w chmurze oferują swoje „usługi" zgodnie z różnymi modelami, z których trzema standardowymi modelami, według NIST, są Infrastruktura jako usługa (IaaS), Platforma jako usługa (PaaS) i Oprogramowanie jako usługa (SaaS). Modele te oferują coraz większą abstrakcję; są więc często przedstawiane jako warstwy w stosie: infrastruktura, platforma i oprogramowanie jako usługa, ale nie muszą one być powiązane. Na przykład, można dostarczyć SaaS zaimplementowany na maszynach fizycznych bez systemu operacyjnego (na „gołym metalu"), bez użycia bazowych warstw PaaS lub IaaS, i odwrotnie, można uruchomić program na IaaS i uzyskać do niego bezpośredni dostęp, bez zawijania go jako SaaS.

A.1.1. Infrastruktura jako usługa (IaaS)

Artykuł główny: Infrastruktura jako usługa

Pojęcie „Infrastruktura jako usługa" (IaaS) odnosi się do usług online, które zapewniają wysokopoziomowe API używane do wyłuskiwania różnych niskopoziomowych szczegółów dotyczących bazowej infrastruktury sieciowej, takich jak fizyczne zasoby obliczeniowe, lokalizacja, partycjonowanie danych, skalowanie, bezpieczeństwo, kopie zapasowe itp. Hipernadzorca uruchamia maszyny wirtualne jako gości. Pule hipernadzorców w systemie operacyjnym chmury mogą obsługiwać dużą liczbę maszyn wirtualnych oraz możliwość skalowania usług w górę i w dół zgodnie ze zmieniającymi się wymaganiami klientów. Kontenery Linux działają w odizolowanych partycjach pojedynczego jądra Linuksa działającego bezpośrednio na fizycznym sprzęcie. Grupy linuksowe i przestrzenie nazw to podstawowe technologie jądra Linuksa wykorzystywane do izolowania, zabezpieczania i zarządzania kontenerami. Konteneryzacja oferuje wyższą wydajność niż wirtualizacja, ponieważ nie ma narzutu hipernadzorcy. Ponadto, pojemność kontenera automatycznie skaluje się dynamicznie z obciążeniem obliczeniowym, co eliminuje problem nadmiarowości rezerw i umożliwia rozliczanie na podstawie użytkowania. Chmury IaaS często oferują dodatkowe zasoby, takie jak biblioteka obrazów dysków dla maszyn wirtualnych, przechowywanie surowych bloków, przechowywanie plików lub obiektów, zapory ogniowe, urządzenia równoważenia obciążenia (load balancery), adresy IP, wirtualne sieci lokalne (VLAN) oraz pakiety oprogramowania.

Definicja przetwarzania w chmurze według NIST opisuje IaaS jako „model pozwalający konsumentowi na wdrożenie i uruchomieni dowolnego oprogramowania, które może obejmować systemy operacyjne i aplikacje. Konsument nie zarządza podstawową infrastrukturą chmury ani nie kontroluje jej, ale ma kontrolę nad systemami operacyjnymi, pamięcią masową i wdrożonymi aplikacjami oraz ewentualnie ograniczoną kontrolę nad wybranymi komponentami sieciowymi (np. zaporami hostów)".

Dostawcy usług IaaS w chmurze dostarczają te zasoby na żądanie ze swoich dużych puli sprzętu zainstalowanego w centrach danych. W celu zapewnienia łączności na dużym obszarze klienci mogą korzystać z Internetu lub chmur nośnych (specjalnych wirtualnych sieci prywatnych (VPN)). Aby wdrożyć swoje aplikacje, użytkownicy chmury instalują w infrastrukturze chmury obrazy systemów operacyjnych i swoje oprogramowanie aplikacyjne. W tym modelu użytkownik chmury poprawia (łata) i konserwuje systemy operacyjne i oprogramowanie aplikacyjne. Dostawcy usług w chmurze zazwyczaj rozliczają usługi IaaS na podstawie obliczeń narzędziowych: koszt odzwierciedla ilość przydzielonych i zużytych zasobów

A.1.2. Platforma jako usługa (PaaS)

Definicja chmury obliczeniowej według NIST definiuje Platformę jako usługę jako:

Przyznanie klientowi możliwości wdrożenia do infrastruktury chmury stworzonych przez konsumenta lub nabytych aplikacji stworzonych przy użyciu języków programowania, bibliotek, usług i narzędzi wspieranych przez dostawcę. Konsument nie zarządza podstawową infrastrukturą chmury, w tym siecią, serwerami, systemami operacyjnymi lub pamięcią masową, ani nie sprawuje nad nią kontroli,

ale ma kontrolę nad wdrożonymi aplikacjami i ewentualnie ustawieniami konfiguracyjnymi środowiska hostingu aplikacji.

Dostawcy PaaS oferują środowisko rozwojowe dla specjalistów ds. rozwoju aplikacji. Dostawca zazwyczaj opracowuje zestaw narzędzi i standardy do rozwijania oraz kanały dystrybucji i płatności. W modelach PaaS, dostawcy usług w chmurze dostarczają platformę obliczeniową, zazwyczaj obejmującą system operacyjny, środowisko wykonywania w języku programowania, bazę danych i serwer WWW. Twórcy aplikacji rozwijają i uruchamiają swoje oprogramowanie na platformie chmurowej zamiast bezpośrednio kupować i zarządzać podstawowymi warstwami sprzętu i oprogramowania. W przypadku niektórych PaaS, podstawowe zasoby komputera i pamięci masowej skalują się automatycznie, aby dopasować się do zapotrzebowania aplikacji, tak aby użytkownik chmury nie musiał ręcznie przydzielać zasobów.

Niektórzy dostawcy usług integracji i zarządzania danymi wykorzystują również specjalistyczne aplikacje PaaS jako modele dostarczania dla danych. Przykładami są **iPaaS (Platforma integracyjna jako usługa)** i **dPaaS (Platforma danych jako usługa)**. iPaaS umożliwia klientom opracowanie, wykonanie i zarządzanie przepływami integracyjnymi. W ramach modelu integracyjnego iPaaS klienci kierują rozwojem i wdrażaniem integracji bez konieczności instalowania lub zarządzania jakimkolwiek sprzętem lub warstwą pośrednią. dPaaS dostarcza produkty do integracji i zarządzania danymi jako w pełni zarządzaną usługę. W modelu dPaaS to dostawca PaaS, a nie klient, zarządza tworzeniem i realizacją programów poprzez budowanie aplikacji danych dla klienta. Użytkownicy dPaaS mają dostęp do danych za pomocą narzędzi do wizualizacji danych. Konsumenci Platformy jako Usługi (PaaS) nie zarządzają ani nie kontrolują podstawowej infrastruktury chmurowej, w tym sieci, serwerów, systemów operacyjnych lub pamięci masowej, ale mają kontrolę nad wdrożonymi aplikacjami i ewentualnie ustawieniami konfiguracyjnymi dla środowiska hostingu aplikacji.

A.1.3. Oprogramowanie jako usługa (SaaS)

Definicja chmury obliczeniowej według NIST definiuje Oprogramowanie jako usługę:

Przyznanie klientowi możliwości korzystania z aplikacji dostawcy działających w infrastrukturze chmury. Aplikacje są dostępne z różnych urządzeń klienckich poprzez interfejs cienkiego klienta, jak przeglądarka internetowa (np. poczta elektroniczna), lub interfejs programu. Konsument nie zarządza ani nie kontroluje podstawowej infrastruktury chmury, w tym sieci, serwerów, systemów operacyjnych, pamięci masowej, ani nawet poszczególnych aplikacji, z ewentualnym wyjątkiem ograniczonych ustawień konfiguracji aplikacji użytkownika.

W modelu oprogramowania jako usługi (SaaS) użytkownicy uzyskują dostęp do oprogramowania aplikacyjnego i baz danych. Dostawcy usług w chmurze zarządzają infrastrukturą i platformami, na których uruchamiane są aplikacje. SaaS jest czasami nazywane „oprogramowaniem na żądanie" i zazwyczaj jest wyceniane na zasadzie „płać w miarę użytkowania" albo przy zastosowaniu opłaty abonamentowej. W modelu SaaS dostawcy usług w chmurze instalują i obsługują oprogramowanie użytkowe w chmurze, a użytkownicy chmury uzyskują dostęp do oprogramowania z klientów chmurowych. Użytkownicy chmury nie zarządzają infrastrukturą i platformą chmury, na której działa dana aplikacja. Eliminuje to konieczność instalowania i uruchamiania aplikacji na własnych komputerach użytkowników chmury, co upraszcza konserwację i wsparcie. Aplikacje chmurowe różnią się od innych aplikacji skalowalnością – co można osiągnąć przez klonowanie zadań na wiele maszyn wirtualnych w czasie uruchomienia w celu zaspokojenia zmieniającego się zapotrzebowania na pracę. Urządzenia równoważenia obciążenia rozkładają pracę na zestaw maszyn wirtualnych. Proces ten jest przejrzysty dla użytkownika chmury, który widzi tylko pojedynczy punkt dostępu. Aby obsłużyć dużą liczbę użytkowników chmury, aplikacje w chmurze mogą być wielodostępowe (dla wielu dzierżawców), co oznacza, że każda maszyna może obsługiwać więcej niż jedną organizację użytkowników chmury.

Model cenowy dla aplikacji SaaS to zazwyczaj miesięczna lub roczna opłata ryczałtowa za użytkownika, więc ceny stają się skalowalne i regulowane, jeśli użytkownicy są dodawani lub usuwani w dowolnym momencie. Może to być również bezpłatne. Zwolennicy twierdzą, że SaaS daje firmie możliwość obniżenia kosztów operacyjnych związanych z informatyką poprzez outsourcing konserwacji sprzętu i oprogramowania oraz wsparcia na rzecz dostawcy usług w chmurze. Umożliwia to firmie przesunięcie kosztów operacyjnych związanych z informatyką od wydatków na sprzęt, oprogramowanie i personel w stronę realizacji innych celów. Ponadto, w przypadku aplikacji

hostowanych centralnie, aktualizacje mogą być wydawane bez konieczności instalowania nowego oprogramowania przez użytkowników. Jedna wada SaaS wiąże się z przechowywaniem danych użytkowników na serwerze dostawcy usług w chmurze. W rezultacie może dojść do nieuprawnionego dostępu do danych. Przykładami aplikacji oferowanych jako SaaS są gry i oprogramowanie produktywne, takie jak Google Docs i Word Online. Aplikacje SaaS mogą być zintegrowane z usługami przechowywania w chmurze lub hostingu plików, co ma miejsce w przypadku integracji Google Docs z Google Drive oraz Word Online z Onedrive.

A.1.4. Mobilne zaplecze (mobilny backend) jako usługa (MBaaS)

Główny artykuł: Mobilne zaplecze (mobilny backend) jako usługa

W modelu mobilnego zaplecza („backendu") jako usługi, znanym również jako **backend jako usługa (BaaS)** twórcy aplikacji internetowych i mobilnych mają możliwość połączenia swoich aplikacji z usługami przechowywania w chmurze i przetwarzania w chmurze z interfejsami programowania aplikacji (API) wystawionymi na działanie ich aplikacji i niestandardowymi zestawami do rozwijania oprogramowania (SDK). Usługi obejmują zarządzanie użytkownikami, powiadomienia typu push, integrację z serwisami społecznościowymi i innych. Jest to stosunkowo niedawny model w chmurze obliczeniowej, gdyż większość startupów BaaS pochodzi z 2011 roku lub późniejszych lat, ale tendencje wskazują, że usługi te zyskują coraz większą popularność wśród konsumentów korporacyjnych.

A.1.5. Przetwarzanie bez serwera

Przetwarzanie bezserwerowe to model wykonywania kodu w chmurze, w którym dostawca chmury w pełni zarządza uruchamianiem i zatrzymywaniem maszyn wirtualnych, gdy jest to konieczne do obsługi żądań, a żądania są rozliczane na podstawie abstrakcyjnej miary zasobów wymaganych do zaspokojenia żądania, a nie za maszynę wirtualną za godzinę. Pomimo nazwy, w rzeczywistości nie wiąże się ona z uruchomieniem kodu bez serwerów. Przetwarzanie bez serwerów jest tak nazywane, ponieważ firma lub osoba, która jest właścicielem systemu, nie musi kupować, wynajmować lub dostarczać serwerów lub maszyn wirtualnych, aby uruchomić na nich kod backendowy.

A.1.6. Funkcja jako usługa (FaaS)

Funkcja jako usługa (FaaS) to hostowane w usłudze zdalne wywołanie procedury, które wykorzystuje bezserwerowe przetwarzanie danych w celu umożliwienia wdrożenia poszczególnych funkcji w chmurze, które działają w odpowiedzi na zdarzenia. FaaS zawiera się w szerszym pojęciu przetwarzanie bezserwerowe, ale terminy te mogą również być używane zamiennie.

A.4. Modele wdrożeniowe

A.1.7. Chmura prywatna

Chmura prywatna to infrastruktura chmurowa działająca wyłącznie dla jednej organizacji, zarządzana wewnętrznie lub przez stronę trzecią, a hostowana wewnętrznie lub zewnętrznie. Podjęcie projektu chmury prywatnej wymaga znacznego zaangażowania w celu zwirtualizowania środowiska biznesowego i wymaga od organizacji ponownej oceny decyzji dotyczących istniejących zasobów. Może poprawić wyniki biznesowe, ale każdy krok w projekcie wiąże się z problemami bezpieczeństwa, którymi trzeba się zająć, aby zapobiec poważnym lukom. Samodzielnie prowadzone centra danych są na ogół kapitałochłonne. Mają one znaczący ślad fizyczny, wymagający alokacji przestrzeni, sprzętu i kontroli środowiskowej. Aktywa te muszą być okresowo odświeżane, co pociąga za sobą dodatkowe nakłady inwestycyjne. Ściągają na siebie krytykę, ponieważ użytkownicy „wciąż muszą je kupować, budować i zarządzać nimi", a tym samym nie korzystają z mniejszej ilości rąk do zarządzania i zasadniczo „[brakuje im] modelu ekonomicznego, który sprawia, że przetwarzanie w chmurze jest tak intrygującą koncepcją".

A.1.8. Chmura publiczna

Aby zapoznać się z porównaniem oprogramowania i dostawców usług, zobacz Porównanie przetwarzania w chmurze

Chmura jest nazywana „chmurą publiczną", gdy usługi są świadczone za pośrednictwem sieci otwartej do użytku publicznego. Usługi w chmurze publicznej mogą być bezpłatne. Z technicznego punktu widzenia może istnieć niewielka lub żadna różnica między architekturą chmury publicznej i prywatnej, jednak względy bezpieczeństwa mogą być zasadniczo różne w przypadku usług (aplikacji, przechowywania i innych zasobów), które są udostępniane przez dostawcę usług dla odbiorców publicznych oraz gdy komunikacja odbywa się poprzez niezaufaną sieć. Ogólnie, publiczni dostawcy usług w chmurze, tacy jak Amazon Web Services (AWS), IBM, Oracle, Microsoft, Google i Alibaba, są właścicielami infrastruktury, którą obsługują w swoich centrach danych, a dostęp do niej odbywa się głównie przez Internet. AWS, Oracle, Microsoft i Google oferują również usługi bezpośredniego połączenia, zwane odpowiednio „AWS Direct Connect", „Oracle FastConnect", „Azure ExpressRoute" i „Cloud Interconnect", a takie połączenia wymagają od klientów wykupienia lub wydzierżawienia prywatnego połączenia z punktem partnerskim oferowanym przez dostawcę usług w chmurze.

A.1.9. Chmura hybrydowa

Chmura **hybrydowa** to połączenie chmury publicznej i środowiska prywatnego, takiego jak chmura prywatna lub zasoby lokalne, które pozostają odrębnymi podmiotami, ale są ze sobą powiązane, oferując korzyści wynikające z wielu modeli wdrażania. Chmura hybrydowa może również oznaczać zdolność do łączenia kolokacji zarządzanych i/lub dedykowanych usług z zasobami chmury. Gartner definiuje hybrydową usługę w chmurze jako usługę przetwarzania w chmurze, która składa się z pewnej kombinacji usług w chmurze prywatnej, publicznej i wspólnotowej, świadczonych przez różnych dostawców usług. Hybrydowa usługa w chmurze przekracza izolację i granice dostawców, tak że nie można jej po prostu umieścić w jednej kategorii prywatnej, publicznej lub wspólnotowej usługi w chmurze. Pozwala ona na rozszerzenie zdolności lub możliwości usługi w chmurze poprzez agregację, integrację lub dostosowanie do potrzeb klienta z inną usługą w chmurze.

Istnieją różne przypadki zastosowania hybrydowej struktury chmury. Na przykład, organizacja może przechowywać wrażliwe dane klientów w chmurze prywatnej u siebie, ale połączyć tę aplikację z aplikacją wywiadu gospodarczego dostarczaną w chmurze publicznej jako usługa programowa. Ten przykład chmury hybrydowej rozszerza możliwości przedsiębiorstwa w zakresie świadczenia konkretnej usługi biznesowej poprzez dodanie zewnętrznie dostępnych usług w chmurze publicznej. Przyjęcie chmury hybrydowej zależy od wielu czynników, takich jak bezpieczeństwo danych i wymogi zgodności, poziom kontroli nad danymi oraz aplikacje, z których korzysta dana organizacja.

Innym przykładem chmury hybrydowej jest taka, w której organizacje IT wykorzystują publiczne zasoby chmury obliczeniowej w celu zaspokojenia tymczasowych potrzeb w zakresie pojemności, których nie może zaspokoić chmura prywatna. Dzięki tej możliwości hybrydowe chmury mogą wykorzystywać rozerwanie chmury (cloud bursting) w celu skalowania między chmurami. Rozerwanie chmury to model wdrażania aplikacji, w którym aplikacja działa w chmurze prywatnej lub centrum danych i „pęka" do chmury publicznej, gdy wzrasta zapotrzebowanie na pojemność obliczeniową. Podstawową zaletą rozerwania chmury i modelu chmury hybrydowej jest to, że organizacja płaci za dodatkowe zasoby obliczeniowe tylko wtedy, gdy są one potrzebne. Rozerwanie chmury umożliwia centrom danych tworzenie własnej infrastruktury informatycznej, która obsługuje średnie obciążenia pracą, oraz wykorzystywanie zasobów chmurowych z chmury publicznej lub prywatnej podczas skoków zapotrzebowania na przetwarzanie. Specjalistyczny model chmury hybrydowej, która jest zbudowana na heterogenicznym sprzęcie, jest nazywany „chmurą hybrydową międzyplatformową" („Cross-platform Hybrid Cloud"). Chmura hybrydowa międzyplatformowa jest zazwyczaj zasilana przez różne architektury procesorów, na przykład x86-64 i ARM pod nią. Użytkownicy mogą w przejrzysty sposób wdrażać i skalować aplikacje bez wiedzy na temat różnorodności sprzętowej chmury. Ten rodzaj chmury wyłania się z rozwoju przetwarzania wykorzystującego oparty na architekturze ARM układ scalony system-on-a-chip dla klasy serwerowej.

Infrastruktura chmury hybrydowej zasadniczo służy do eliminacji ograniczeń związanych z charakterystyką przekaźnika wielodostępowego w sieci chmur prywatnych. Jej zalety to m.in. zwiększona elastyczność działania i adaptacyjne przetwarzanie pamięci, unikatowe dla zwirtualizowanych modeli interfejsów.

A.1.10. Inne

Chmura wspólnotowa

Chmura wspólnotowa dzieli infrastrukturę pomiędzy kilka organizacji z określonej społeczności o wspólnych problemach (bezpieczeństwo, zgodność, jurysdykcja itp.), zarządzanych wewnętrznie lub przez stronę trzecią, a także hostowanych wewnętrznie lub zewnętrznie. Koszty są rozłożone na mniejszą liczbę użytkowników niż w chmurze publicznej (ale więcej niż w chmurze prywatnej), więc realizowana jest tylko część potencjału oszczędności kosztów przetwarzania w chmurze.

Chmura rozproszona

Platforma przetwarzania w chmurze może być zmontowana z rozproszonego zestawu maszyn w różnych lokalizacjach, podłączonych do jednej sieci lub usługi centrum (hub service). Możliwe jest rozróżnienie pomiędzy dwoma rodzajami chmur rozproszonych: chmurą do przetwarzania zasobów publicznych i chmurą wolontariatu obliczeniowego.

- **Przetwarzanie zasobów publicznych** – Ten rodzaj chmury rozproszonej wynika z szerokiej definicji przetwarzania w chmurze, ponieważ jest ona bardziej zbliżona do rozproszonego przetwarzania niż przetwarzania w chmurze. Niemniej uważa się ją za podklasę przetwarzania w chmurze.
- **Wolontariat obliczeniowy** – Wolontariat obliczeniowy w chmurze charakteryzuje się jako skrzyżowanie przetwarzania zasobów publicznych i przetwarzania w chmurze, gdzie infrastruktura przetwarzania w chmurze jest budowana z wykorzystaniem zasobów dobrowolnych. Z tego typu infrastrukturą wiąże się wiele wyzwań, ze względu na ulotność zasobów wykorzystywanych do jej budowy oraz dynamiczne środowisko, w którym funkcjonuje. Można ją również nazwać chmurami typu peer-to-peer lub chmurami ad-hoc. Ciekawym przedsięwzięciem idącym w tym kierunku jest Cloud@Home („chmura w domu"), będąca próbą wdrożenia infrastruktury chmury obliczeniowej z wykorzystaniem dobrowolnych zasobów zapewniających model biznesowy zachęcający do wpłat poprzez restytucję finansową.

Multicloud (wielochmura)

Główny artykuł: Multicloud (wielochmura)

Wielochmura oznacza korzystanie z wielu usług w chmurze obliczeniowej w ramach jednej heterogenicznej architektury w celu zmniejszenia zależności od jednego dostawcy, zwiększenia elastyczności poprzez wybór, złagodzenia skutków katastrof itp. Różni się ona od chmury hybrydowej tym, że odnosi się do wielu usług w chmurze, a nie do wielu trybów wdrażania (publicznych, prywatnych, dotychczasowych (zastanych)).

Poly cloud

Poly cloud odnosi się do użytkowania z wielu chmur publicznych w celu wykorzystania konkretnych usług oferowanych przez poszczególnych dostawców. Różni się on od multicloud tym, że nie jest zaprojektowana w celu zwiększenia elastyczności lub złagodzenia skutków awarii, ale jest raczej używana w celu umożliwienia organizacji osiągnięcia więcej, niż można by osiągnąć z jednym dostawcą.

Chmura dla dużych zbiorów danych (Big Data)

Kwestie przekazywania dużych ilości danych do chmury, jak również bezpieczeństwa danych po ich umieszczeniu w chmurze, początkowo utrudniały przyjęcie chmury dla dużych zbiorów danych, ale teraz, gdy wiele danych powstaje w chmurze i wraz z pojawieniem się fizycznych serwerów typu bare-metal („goły metal"), chmura stała się rozwiązaniem dla przypadków użytkowych obejmujących analizę biznesową i analizę geoprzestrzenną.

Chmura HPC

Chmura HPC odnosi się do korzystania z usług i infrastruktury chmury obliczeniowej w celu wykonywania aplikacji przetwarzania wysokowydajnego (HPC). Aplikacje te pochłaniają znaczne ilości mocy obliczeniowej i pamięci i są tradycyjnie wykonywane na klastrach komputerów. W 2016 roku kilka firm, w tym R-HPC, Amazon Web Services, Univa, Silicon Graphics International, Sabalcore, Gomput i Penguin Computing, zaoferowało wysokowydajną chmurę obliczeniową. Chmura Penguin On Demand (POD, dosł. „Pingwin na żądanie") była jedną z pierwszych niewirtualizowanych zdalnych usług HPC oferowanych na zasadzie pay-as-you-go. Firma Penguin Computing uruchomiła swoją chmurę HPC w 2016 roku jako alternatywę dla usługi Amazona EC2 Elastic Compute Cloud, która wykorzystuje zwirtualizowane węzły obliczeniowe.

A.5. Architektura

Architektura chmury, czyli architektura systemowa systemów oprogramowania uczestniczących w dostarczaniu chmury obliczeniowej, zazwyczaj obejmuje wiele komponentów chmury komunikujących się ze sobą za pomocą luźnego mechanizmu sprzęgającego, takiego jak kolejka komunikatów. Elastyczne dostarczanie oznacza inteligencję w stosowaniu ścisłego lub luźnego sprzężenia stosowanego do mechanizmów takich jak te i inne.

A.1.11. Inżynieria chmury

Inżynieria chmur obliczeniowych to zastosowanie dyscyplin inżynierskich w chmurze obliczeniowej. Przynosi to systematyczne podejście do problemów wysokiego poziomu komercjalizacji, standaryzacji i zarządzania w tworzeniu, rozwoju, eksploatacji i utrzymaniu systemów chmury obliczeniowej. Jest to wielodyscyplinarna metoda obejmująca wkład z różnych dziedzin, takich jak systemy, oprogramowanie, sieć, wydajność, informatyka, bezpieczeństwo, platforma, ryzyko i inżynieria jakości.

A.6. Bezpieczeństwo i prywatność

Główny artykuł: Zagadnienia związane z przetwarzaniem w chmurze

Przetwarzanie w chmurze budzi obawy związane z ochroną prywatności, ponieważ dostawca usług może w każdej chwili uzyskać dostęp do danych, które znajdują się w chmurze. Może on przypadkowo lub celowo zmienić lub usunąć informacje. Wielu dostawców usług w chmurze może udostępniać informacje osobom trzecim, jeżeli jest to konieczne do celów wymaganych przez prawo i przepisy porządkowe bez nakazu sądowego. Jest to dozwolone w ich polityce prywatności, na co użytkownicy muszą wyrazić zgodę przed rozpoczęciem korzystania z usług w chmurze. Rozwiązania w zakresie ochrony prywatności obejmują politykę i prawodawstwo, a także wybory użytkowników końcowych dotyczące sposobu przechowywania danych. Użytkownicy mogą szyfrować dane, które są przetwarzane lub przechowywane w chmurze, aby zapobiec nieuprawnionemu dostępowi. Systemy zarządzania tożsamością mogą również zapewnić praktyczne rozwiązania problemów związanych z ochroną prywatności przy przetwarzaniu w chmurze. Systemy te rozróżniają uprawnionych i nieuprawnionych użytkowników oraz określają ilość danych, które są dostępne dla poszczególnych podmiotów. Systemy te działają poprzez tworzenie i opisywanie tożsamości, rejestrowanie czynności oraz pozbywanie się nieużywanych tożsamości.

Według Cloud Security Alliance, trzy największe zagrożenia w chmurze to niepewne interfejsy i API, utrata i wyciek danych oraz awaria sprzętu – które stanowiły odpowiednio 29%, 25% i 10% wszystkich awarii bezpieczeństwa w chmurze. Razem tworzą one współdzielone luki technologiczne. W związku z tym, że platforma dostawcy chmury jest współdzielona przez różnych użytkowników, może się zdarzyć tak, że informacje należące do różnych klientów będą znajdować się na tym samym serwerze danych. Dodatkowo, Eugene Schultz, dyrektor ds. technologii w Emagined Security, powiedział, że hakerzy poświęcają dużo czasu i wysiłku na poszukiwanie sposobów na przeniknięcie do chmury. „W infrastrukturze chmury znajdują się prawdziwe pięty achillesowe, które robią duże dziury dla złoczyńców". Ponieważ na dużych serwerach w chmurze mogą być przechowywane dane z setek lub tysięcy firm, hakerzy mogą teoretycznie uzyskać kontrolę nad ogromnymi zapasami informacji poprzez pojedynczy atak – proces ten nazwał on „hyperjacking" („hiperporwanie"). Przykładem może być naruszenie bezpieczeństwa w Dropboxie, a także przeciek z iCloud 2014. Dropbox został naruszony

w październiku 2014, gdy ponad hakerzy ukradli hasła 7 milionów użytkowników w celu uzyskania za nie wartości pieniężnej przez bitcoiny (BTC). Mając te hasła, mogą odczytywać prywatne dane, a także indeksować je przez wyszukiwarki (upubliczniając informacje).

Istnieje problem własności danych w świetle przepisów prawa (jeśli użytkownik przechowuje pewne dane w chmurze, czy dostawca chmury może czerpać z tego korzyść?). Wiele Warunków świadczenia usług milczy na temat kwestii własności. Fizyczna kontrola nad sprzętem komputerowym (chmura prywatna) jest bezpieczniejsza niż posiadanie tego sprzętu poza swoją siedzibą i pod kontrolą kogoś innego (chmura publiczna). Stanowi to wielką zachętę dla publicznych dostawców usług przetwarzania w chmurze do priorytetowego traktowania budowy i utrzymania solidnego zarządzania bezpiecznymi usługami. Niektóre małe przedsiębiorstwa, które nie mają specjalistycznej wiedzy w zakresie bezpieczeństwa informatycznego, mogą uznać, że korzystanie z chmury publicznej jest dla nich bezpieczniejsze. Istnieje ryzyko, że użytkownicy końcowi nie będą rozumieć związanych z tym problemów przy podpisywaniu umowy o świadczenie usług w chmurze (osoby czasami nie czytają wszystkich tych stron umowy o świadczenie usług i po prostu klikają „Akceptuj" bez czytania). Jest to ważne teraz, gdy przetwarzanie w chmurze staje się popularne i wymagane do działania niektórych usług, na przykład do inteligentnego asystenta osobistego (Siri firmy Apple lub Google Now). Zasadniczo, chmura prywatna jest postrzegana jako bardziej bezpieczna, z wyższym poziomem kontroli przez właściciela, jednak chmura publiczna jest postrzegana jako bardziej elastyczna i wymaga mniejszego wkładu czasu i pieniędzy od użytkownika.

A.7. Ograniczenia i wady

Według Bruce'a Schneiera, „Złą stroną jest to, że opcje dostosowywania do klienta będą ograniczone. Przetwarzanie w chmurze jest tańsze ze względu na ekonomię skali i – jak przy każdym zadaniu zleconym na zewnątrz – zazwyczaj dostaje się to, czego się chce. Restauracja z ograniczonym menu jest tańsza niż osobisty szef kuchni, który może ugotować wszystko, co chcesz. Mniej opcji w znacznie niższej cenie: to cecha, a nie błąd". Sugeruje on również, że „dostawca usługi w chmurze może nie spełniać potrzeb prawnych" i że firmy muszą rozważyć korzyści płynące z przetwarzania w chmurze względem ryzyka. W przetwarzaniu chmurowym kontrola nad infrastrukturą zaplecza jest ograniczona tylko do dostawcy chmury. Dostawcy usług w chmurze często decydują o polityce zarządzania, która moderuje to, co użytkownicy chmury są w stanie zrobić ze swoim wdrożeniem. Użytkownicy usług w chmurze są też ograniczeni do kontroli i zarządzania swoimi aplikacjami, danymi i usługami. Obejmuje to pułapy danych, które są nakładane na użytkowników chmury przez dostawcę usługi w chmurze przydzielającego określoną ilość pasma dla poszczególnych klientów i są często dzielone z innymi użytkownikami chmury.

W niektórych działaniach dużym problemami są prywatność i poufność. Na przykład tłumacze przysięgli pracujący na podstawie postanowień umowy poufności mogą stanąć w obliczu problemów dotyczących danych wrażliwych, które nie są szyfrowane.

Przetwarzanie w chmurze jest korzystne dla wielu przedsiębiorstw; obniża koszty i pozwala im skupić się na sprawach fachowych, a nie na sprawach informatyki i infrastruktury. Niemniej, okazuje się, że przetwarzanie w chmurze ma pewne ograniczenia i wady, zwłaszcza w przypadku mniejszych operacji biznesowych, szczególnie w zakresie bezpieczeństwa i przestojów. Przerwy techniczne są nieuniknione i zdarzają się czasami, gdy dostawcy usług w chmurze (CSP) są przeciążeni w procesie obsługi swoich klientów. Może to skutkować czasowym zawieszeniem działalności gospodarczej. Ponieważ systemy tej technologii są zależne od Internetu, osoba fizyczna nie może mieć dostępu do swoich aplikacji, serwera lub danych z chmury w czasie przestoju.

A.8. Pojawiające się trendy

Przetwarzanie w chmurze jest nadal przedmiotem badań. Czynnikiem napędzającym ewolucję przetwarzania w chmurze było dążenie dyrektorów ds. technologii do zminimalizowania ryzyka wewnętrznych przestojów i opanowania złożoności sieci wewnątrzzakładowej i własnego sprzętu. Największe firmy zajmujące się technologią chmury inwestują miliardy dolarów rocznie w badania i rozwój w dziedzinie chmury. Na przykład w 2011 r. firma Microsoft przeznaczyła 90 proc. swojego

wynoszącego 9,6 mld USD budżetu na badania i rozwój na swoją chmurę. Badania przeprowadzone przez bank inwestycyjny Centaur Partners pod koniec 2015 r. przewidywały, że przychody z usługi SaaS (oprogramowanie jako usługa) wzrosną z 13,5 mld USD w 2011 r. do 32,8 mld USD w 2016 r.