



Kancelaria Prezesa
Rady Ministrów

NARODOWY STANDARD CYBERBEZPIECZEŃSTWA
NSC 500-325 wer. 1.0

21 grudnia 2022

Model konceptualny przetwarzania we mgle (fog computing)

Publikacja dostępna pod adresem:



[Narodowe Standardy Cyberbezpieczeństwa](#)



DEPARTAMENT CYBERBEZPIECZEŃSTWA

PREAMBUŁA

Szanowni Państwo,

oddajemy w Państwa ręce zestaw publikacji specjalnych - Narodowe Standardy Cyberbezpieczeństwa, o których mowa w interwencji 2.1 celu szczegółowego 2 Strategii Cyberbezpieczeństwa Rzeczypospolitej Polskiej na lata 2019 – 2024, *Opracowanie i wdrożenie Narodowych Standardów Cyberbezpieczeństwa oraz promowanie dobrych praktyk i zaleceń*. Standardy zostały opracowane na podstawie publikacji amerykańskiego National Institute of Science and Technology (NIST) i posiadają mapowanie na obowiązujące w polskim systemie prawnym Polskie Normy, na których oparte jest zarządzanie bezpieczeństwem informacji w podmiotach krajowego systemu cyberbezpieczeństwa.

Standardy stanowią przewodniki metodyczne, które ułatwiają zbudowanie efektywnego systemu zarządzania bezpieczeństwem informacji w oparciu o praktykę stosowaną w tym zakresie w administracji federalnej USA.

Prezentowana rekomendacja została opracowana na podstawie publikacji amerykańskiego National Institute of Science and Technology (NIST).na potrzeby dostawców, operatorów, brokerów, audytorów i odbiorców usług chmurowych oraz zarządzających tymi usługami, a także przedsiębiorców telekomunikacyjnych zapewniających łączność i dostęp do serwisów chmurowych.

WSPÓLNE FUNDAMENTY BEZPIECZEŃSTWA I OCHRONY PRYWATNOŚCI

National Institute of Standards and Technology (NIST) opracował szereg standardów i wytycznych w celu zapewnienia jednolitego podejścia do problematyki bezpieczeństwa informacji i systemów informacyjnych administracji federalnej USA. Podstawową rolę w podejściu do zagadnień związanych z zapewnieniem bezpieczeństwa informacji i systemów informacyjnych oraz ochrony prywatności odgrywa elastyczny i spójny sposób zarządzania ryzykiem związanym z bezpieczeństwem i prywatnością działalności i majątku organizacji, osób fizycznych i państwa. Zarządzanie ryzykiem stanowi podstawę do wdrożenia stosownych zabezpieczeń w systemach informacyjnych, ocenę tych zabezpieczeń, wzajemną akceptację dowodów oceny bezpieczeństwa i ochrony prywatności oraz decyzji autoryzacyjnych. Dzięki jednolitemu podejściu do zarządzania ryzykiem ułatwia także wymianę informacji i współpracę pomiędzy różnymi podmiotami.

NIST kontynuuje współpracę z sektorem publicznym i prywatnym w celu stworzenia map i relacji pomiędzy opracowanymi przez siebie standardami i wytycznymi, a tymi, które zostały opracowane przez inne organizacje (m. in. ISO¹), co zapewnia zgodność w przypadku, gdy regulacje wymagają stosowania tych innych standardów.

Publikacje NIST co do zasady nie są objęte restrykcjami wynikającymi z autorskich praw majątkowych. Są powszechnie dostępne oraz dopuszczone do użytku poza administracją federalną USA. Charakteryzują się pragmatycznym podejściem do zagadnień związanych z bezpieczeństwem informacji i systemów informacyjnych oraz ochrony prywatności, przez co ułatwiają podmiotom opracowanie i eksploatację systemu zarządzania tym bezpieczeństwem.

Biorąc pod uwagę wszystkie powyższe aspekty, autorzy niniejszej publikacji polecają opracowania NIST, jako godne zaufania i rekomendują stosowanie ich przez polskie

¹ International Organization for Standardization (ISO) - Międzynarodowa Organizacja Normalizacyjna - organizacja pozarządowa zrzeszająca krajowe organizacje normalizacyjne.

podmioty przy opracowywaniu systemów zarządzania bezpieczeństwem informacji, wdrażaniu zabezpieczeń i ocenie ich działania.

Podmioty, urządzenia lub materiały prezentowane są w niniejszym dokumencie w celu odpowiedniego opisu procedury lub koncepcji eksperymentalnej. Celem ich wskazania nie jest nakłanianie do korzystania z ww. podmiotów, urządzeń lub materiałów lub ich poparcie. Wskazanie ich nie ma również na celu sugerowania, że te podmioty, materiały lub sprzęt są najlepsze z dostępnych w danej dziedzinie.

W niniejszej publikacji mogą znajdować się odniesienia do innych opracowywanych przez nas publikacji. Informacje tu zawarte, w tym koncepcje, praktyki i metodologie, mogą być wykorzystywane przez organizacje jeszcze przed ukończeniem innych towarzyszących temu standardowi publikacji. W związku z tym, do czasu ukończenia każdej publikacji powinny obowiązywać dotychczasowe wymagania, wytyczne i procedury, jeśli takie istnieją. W ramach planowanych przez Państwa prac zalecamy śledzenie naszych prac publikacyjnych.

Aktualne informacje o prowadzonych przez nas pracach dostępne są pod adresem:



[Narodowe Standardy Cyberbezpieczeństwa](#)

Jesteśmy również otwarci na wszelkie Państwa sugestie, które pomogą nam w dalszych pracach nad standardami cyberbezpieczeństwa i zachęcamy do kontaktu.



[+48222455922](tel:+48222455922)



sekretariat.dc@mc.gov.pl

Niniejsza publikacja NSC 500-325, **Model konceptualny przetwarzania we mgle (fog computing)**, opracowana została za zgodą National Institute of Science and Technology (NIST) na podstawie specjalnej publikacji NIST SP 500-325, *Fog Computing Conceptual Model*.

Terminologia angielska i akronimy oraz kluczowe pojęcia z zakresu cyberbezpieczeństwa występujące w publikacji zdefiniowane są w dokumencie NSC 7298, **Słownik kluczowych pojęć z zakresu cyberbezpieczeństwa**.

Raporty dotyczące technologii systemów informacyjnych

Laboratorium Technologii Informacyjnych (*ang. Information Technology Laboratory – ITL*) przy Narodowym Instytucie Standaryzacji i Technologii (*ang. National Institute of Standards and Technology – NIST*) działa na rzecz gospodarki USA i dobra publicznego poprzez zapewnienie technicznego wsparcia krajowej infrastruktury pomiarowej i normalizacyjnej. ITL opracowuje testy, metody testowe, dane referencyjne, weryfikacje koncepcji (*ang. proof of concept*) oraz analizy techniczne, mające na celu rozwój i produktywnie wykorzystanie technologii informacyjnych.

Streszczenie

Zarządzanie danymi generowanymi przez urządzenia wykonawcze i pomiarowe Internetu Rzeczy (*ang. Internet of Things – IoT*) jest jednym z największych wyzwań, z jakimi trzeba się zmierzyć podczas wdrażania systemu IoT. Tradycyjne systemy IoT oparte na chmurze stanowią wyzwanie ze względu na dużą skalę, heterogeniczność i duże opóźnienia (*ang. high latency*) występujące w niektórych ekosystemach chmurowych.

Jednym z rozwiązań **umożliwiających ograniczenie** powyższych niedogodności jest decentralizacja aplikacji, zarządzania i analizy danych w samej sieci przy użyciu rozproszonego i zintegrowanego modelu obliczeniowego. To podejście stało się znane jako przetwarzanie we mgle (*ang. fog computing*).

Niniejszy dokument przedstawia konceptualny model przetwarzania we mgle i w mgiełce obliczeniowej (*ang. mist computing*) oraz ich związek z modelami przetwarzania w chmurze obliczeniowej na potrzeby rozwiązań IoT. Dodatkowo opisuje istotne właściwości i aspekty przetwarzania we mgle, w tym modele usług i strategie wdrażania oraz przedstawia podstawowe informacje na temat przetwarzania we mgle i możliwości jego wykorzystania.

Słowa kluczowe

przetwarzanie w chmurze (*ang. cloud computing*); jednostka rozliczeniowa mierząca zużycie zasobów chmurowych lub „chmurka obliczeniowa” (*ang. cloudlet*); przetwarzanie brzegowe (*ang. edge computing*); przetwarzanie elastyczne (*ang. fluid computing*); przetwarzanie we mgle (*ang. fog computing*); Internet Rzeczy (*ang. Internet of Things – IoT*); przetwarzanie w mgiełce (*ang. mist computing*).

Podziękowania

Autorzy pragną podziękować swoim współpracownikom oraz ekspertom z branży, którzy wnieśli swój wkład w tworzenie i przegląd tego dokumentu. Szczególne podziękowania kierujemy do osób, które wniósłły końcowe uwagi techniczne i redakcyjne dotyczące treści tego dokumentu.

Odbiorcy

Niniejszy dokument jest przeznaczony dla planistów, architektów, inżynierów i zarządców systemów, a także zarządców programów oraz technologów i specjalistów ds. sieci, którzy korzystają z rozwiązań Internetu Rzeczy (IoT) wykorzystujących usługi chmurowe lub mgły obliczeniowej, bądź dostarczają takie rozwiązania.

Spis treści

Model konceptualny przetwarzania we mgle (fog computing)	1
Preambuła	2
Wspólne fundamenty bezpieczeństwa i ochrony prywatności.....	3
Raporty dotyczące technologii systemów informacyjnych	6
Streszczenie	6
Słowa kluczowe	7
Podziękowania.....	7
Odbiorcy.....	7
1. Wstęp.....	9
1.1. Cel i zakres.....	9
2. Model konceptualny przetwarzania we mgle (<i>fog computing</i>).....	11
2.1. Przetwarzanie we mgle	11
2.2. Węzeł mgły.....	13
2.3. Podstawowe cechy charakterystyczne przetwarzania we mgle	14
2.4. Dodatkowe cechy charakterystyczne przetwarzania we mgle.....	15
2.5. Atrybuty węzłów mgły	16
2.6. Architektoniczne modele usług węzła mgły	17
2.7. Modele wdrażania węzłów mgły.....	18
2.8. Mgiełka obliczeniowa (<i>mist computing</i>) jako lekka warstwa mgły.....	19
2.9. Mgiełka obliczeniowa	19
Załącznik A Przetwarzanie we mgle vs. przetwarzanie brzegowe	21
Załącznik B Słownik i akronimy	22

Spis ilustracji

Rysunek 1. Przetwarzanie we mgle wspierające, oparty na chmurze, ekosystem przeznaczony dla inteligentnych urządzeń końcowych.....	12
--	----

1. WSTĘP

Szacuje się, że wszechobecność inteligentnych, wzajemnie połączonych urządzeń² osiągnie w tym roku poziom 50 miliardów sztuk³. Ten wykładniczy wzrost jest napędzany przez rozprzestrzenianie się urządzeń mobilnych (np. telefonów komórkowych i tabletów), inteligentnych czujników obsługujących różne sektory rynku (np. inteligentne sieci energetyczne, autonomiczny transport, sterowanie przemysłowe, inteligentne miasta⁴, produkty powszechnego użytku (*ang. wearables*) itp. Do zarządzania tą rozwijającą się grupą urządzeń Internetu rzeczy (IoT) potrzebne są nowe koncepcje i technologie.

1.1. CEL I ZAKRES

Pilna potrzeba wielu inteligentnych, końcowych urządzeń IoT oraz brzegowych urządzeń bezpośredniego użytku do przetwarzania znacznej ilości danych z minimalnym opóźnieniem oraz do współpracy w sposób rozproszony, spowodowała postęp technologiczny w kierunku adaptacyjnych, zdecentralizowanych paradygmatów obliczeniowych, które uzupełniają scentralizowany model chmury obliczeniowej obsługującej sieci IoT.

Naukowcy, informatycy, inżynierowie systemowi i sieciowi opracowali innowacyjne rozwiązania mające na celu wypełnienie luk technologicznych. Rozwiązania te zapewniają szybsze podejścia, które pozwalają uzyskać lepszą świadomość sytuacyjną w znacznie bardziej odpowiednim czasie. Takie rozwiązania lub paradygmaty obliczeniowe są określane jako mgła obliczeniowa (*fog computing*), przetwarzanie w pianie (*mist computing*), chmurka obliczeniowa (*cloudlets*)⁵ lub przetwarzanie brzegowe (*edge computing*)^{6,7}. Ponieważ w momencie tworzenia tego dokumentu nie

² https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_device

³ https://www.cisco.com/c/dam/en_us/about/ac79/docs/innov/IoT_IBSG_0411FINAL.pdf

⁴ https://en.wikipedia.org/wiki/Smart_city

⁵ <https://en.wikipedia.org/wiki/Cloudlet>

⁶ https://en.wikipedia.org/wiki/Edge_computing; <https://opensource.com/article/17/9/what-edge-computing>

⁷ <https://www.openfogconsortium.org/10-areas-where-fog-extends-iot-5g-ecosystems/>

istniał konsensus co do rozróżnienia tych pojęć, autorzy uznali, że konieczne jest stworzenie modelu konceptualnego, który może być wykorzystywany przez praktyków i badaczy w celu ułatwienia merytorycznej dyskusji na ten temat.

Niniejszy dokument przedstawia model konceptualny przetwarzania we mgle (*ang. fog computing*) i jego pochodną – mgiełkę obliczeniową (*ang. mist computing*) oraz ma na celu usytuowanie tych pojęć w odniesieniu do przetwarzania w chmurze⁸ i przetwarzania brzegowego.

Ponadto w dokumencie wprowadzono pojęcie węzła mgły oraz model federacji węzłów składający się zarówno z rozproszonych, jak i scentralizowanych, często hierarchicznych klastrów węzłów mgły działających w harmonii. Model ten jest przedstawiony jako podstawowe podejście architektoniczne do budowy, ulepszania lub rozbudowy warstwy obliczeniowej mgły i mgiełki.

Ponadto w dokumencie scharakteryzowano ważne aspekty przetwarzania we mgle i określono, że ma on służyć jako środek do szerokiego porównania możliwości, modeli usług i strategii wdrażania przetwarzania we mgle, a także stanowić podstawę do dyskusji na temat tego, czym jest przetwarzanie we mgle i w jaki sposób może być wykorzystywane.

Możliwości, typy usług i modele wdrażania tworzą prostą taksonomię, która nie ma na celu narzucenia lub ograniczenia jakiegokolwiek konkretnej metody wdrażania, świadczenia usług lub prowadzenia działalności gospodarczej.

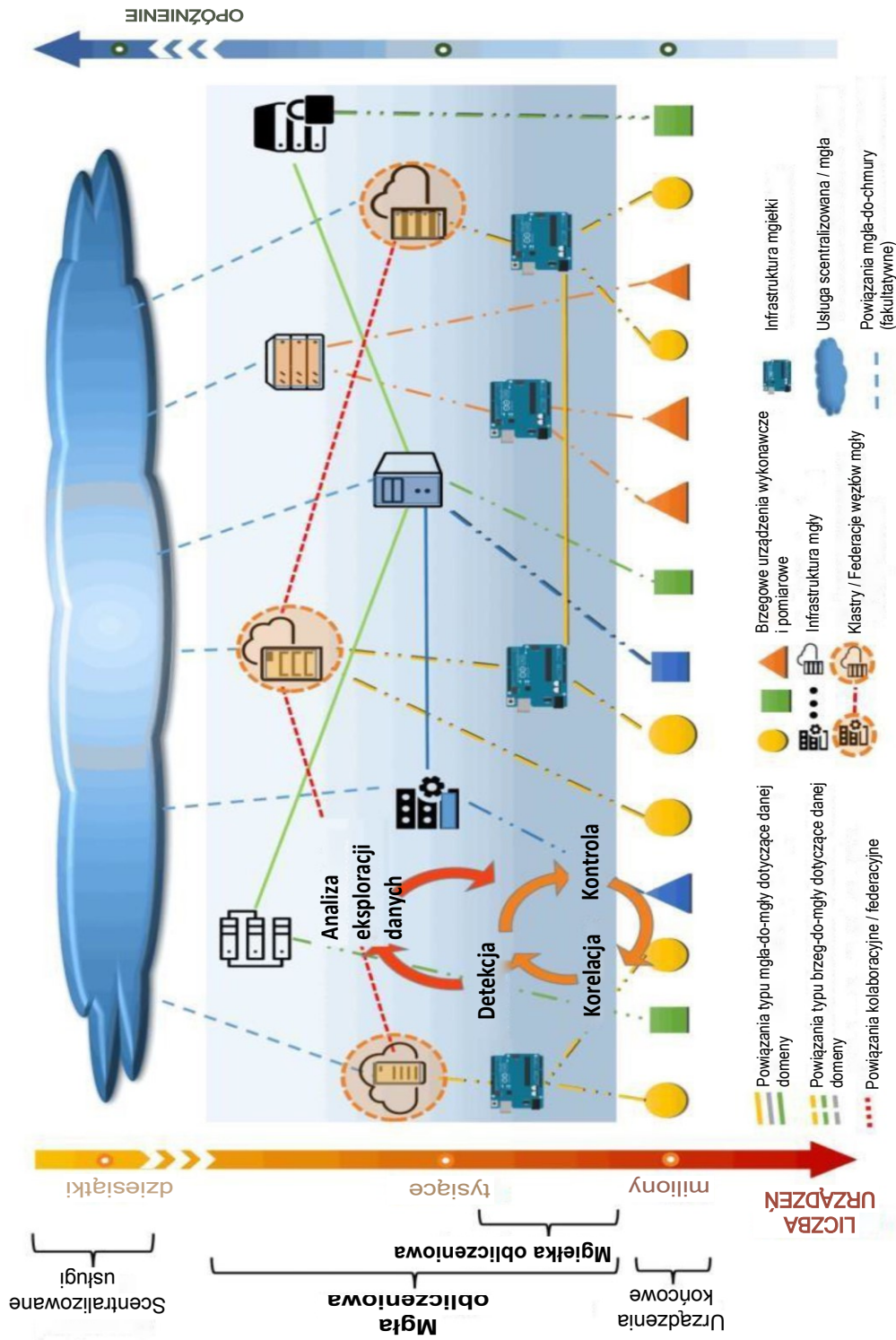
⁸ NIST Special Publication 800-145: "The NIST Definition of Cloud Computing", <https://doi.org/10.6028/NIST.SP.800-145>

2. MODEL KONCEPTUALNY PRZETWARZANIA WE MGLE (FOG COMPUTING)

2.1. PRZETWARZANIE WE MGLE

Przetwarzanie we mgle (ang. fog computing) to warstwowy model umożliwiający powszechny dostęp do współdzielonego środowiska skalowalnych zasobów obliczeniowych. Model ten ułatwia wdrażanie rozproszonych, odpornych na opóźnienia (*ang. latency aware*) aplikacji i usług oraz składa się z fizycznych lub wirtualnych węzłów mgły⁹ (*ang. fog nodes*), działających między *inteligentnymi* urządzeniami końcowymi (*ang. smart end-devices*) a scentralizowanymi usługami chmurowymi. Węzły mgły są zorientowane kontekstowo i obsługują wspólny system zarządzania danymi i łączności. Mogą one być zorganizowane w klastry – pionowo (w celu wsparcia izolacji), poziomo (w celu wsparcia federacji) lub ze względu na opóźnienia między nimi a inteligentnymi urządzeniami końcowymi. *Przetwarzanie we mgle* minimalizuje czas odpowiedzi na żądanie od/do obsługiwanych aplikacji i udostępnia urządzeniom końcowym lokalne zasoby obliczeniowe oraz, w razie potrzeby, łączność sieciową z usługami scentralizowanymi.

⁹ 9 Model konceptualny węzła mgły podano w rozdziale **Błąd! Nie można odnaleźć źródła odwołania.**



Rysunek 1. Przetwarzanie we mgle wspierające, oparte na chmurze, ekosystem przeznaczony dla inteligentnych urządzeń końcowych.

Rysunek 1 przedstawia przetwarzanie we mgle w szerszym kontekście ekosystemu opartego na chmurze, obsługującego *inteligentne* urządzenia końcowe. *Przetwarzanie we mgle* nie jest postrzegane jako warstwa obowiązkowa dla takich ekosystemów, podobnie jak scentralizowana usługa chmurowa nie jest postrzegana jako wymagana do tego, aby warstwa *przetwarzania we mgle* wspierała funkcjonalność *inteligentnych* urządzeń końcowych. Poszczególne scenariusze użycia mogą być oparte na różnych architekturach w zależności od optymalnego podejścia do wspierania funkcjonalności urządzeń końcowych. Wybór takiego przedstawienia jest podyktowany zamiarem odwzorowania złożonej architektury zawierającej usługi wykorzystujące technologię przetwarzania we mgle.

2.2. WĘZEL MGŁY

Węzeł mgły to podstawowy element architektury przetwarzania we mgle. Węzły mgły to komponenty fizyczne (np. bramy, przełączniki, routery, serwery itp.) lub wirtualne (np. zwirtualizowane przełączniki, maszyny wirtualne, cloudlety¹⁰, itp.), które są ściśle powiązane z inteligentnymi urządzeniami końcowymi lub sieciami dostępowymi i udostępniają tym urządzeniom zasoby obliczeniowe. Węzeł mgły jest zorientowany na swoje rozlokowanie geograficzne i logiczną lokalizację w kontekście swojego klastra. Ponadto węzły mgły zapewniają pewną formę zarządzania danymi i usługi komunikacyjne między warstwą brzegową sieci, gdzie rezydują urządzenia końcowe, a usługą obliczeniową mgły lub scentralizowanymi (w chmurze) zasobami obliczeniowymi, gdy jest to wymagane. W celu wdrożenia danej funkcji przetwarzania we mgle, węzły mgły działają w sposób scentralizowany lub zdecentralizowany i mogą być skonfigurowane jako samodzielne węzły mgły, które komunikują się między sobą w celu dostarczenia usługi lub mogą być połączone w klastry, które zapewniają skalowalność poziomą w rozproszonych lokalizacjach geograficznych, poprzez mechanizmy mirroringu lub rozszerzania.

¹⁰ <https://en.wikipedia.org/wiki/Cloudlet>

2.3. PODSTAWOWE CECHY CHARAKTERYSTYCZNE PRZETWARZANIA WE MGLE

Wymienione poniżej sześć cech ma zasadnicze znaczenie dla odróżnienia przetwarzania we mgle od innych modeli obliczeniowych. *Inteligentne* urządzenie końcowe lub użytkownik rozwiązań IoT nie musi jednak wykorzystywać wszystkich tych cech podczas korzystania z usługi *przetwarzania we mgle*.

- **Kontekstowa wiedza o lokalizacji¹¹ i małe opóźnienia.** Przetwarzanie we mgle oferuje najniższe możliwe opóźnienia dzięki wykorzystaniu wiedzy węzłów mgły na temat ich logicznej lokalizacji w kontekście całego systemu oraz kosztów opóźnień w komunikacji z innymi węzłami. Początki *przetwarzania we mgle* można odnaleźć we wczesnych propozycjach wspierania punktów końcowych bogatymi usługami na brzegu sieci, w tym aplikacjami wymagającymi niewielkich opóźnień. Ponieważ węzły mgły są często zlokalizowane razem z *inteligentnymi* urządzeniami końcowymi, analiza i reakcja na dane generowane przez te urządzenia jest znacznie szybsza niż w przypadku scentralizowanej usługi chmurowej lub centrum danych.
- **Rozmieszczenie geograficzne.** W przeciwieństwie do bardziej scentralizowanej chmury obliczeniowej, usługi i aplikacje, na których opiera się technologia *przetwarzania we mgle*, wymagają rozproszonych wdrożeń o szerokim zasięgu, możliwych do zidentyfikowania pod względem geograficznym. Na przykład, *przetwarzanie we mgle* będzie odgrywać aktywną rolę w dostarczaniu wysokiej jakości usług strumieniowych do poruszających się pojazdów poprzez serwery proxy i punkty dostępowe rozmieszczone geograficznie wzdłuż dróg i torów kolejowych.

¹¹ Jest to zdolność mobilnego urządzenia komputerowego do uchwycenia aktualnego kontekstu użytkowników. Kontekst definiuje się jako źródło danych, które można wykryć i wykorzystać do scharakteryzowania sytuacji podmiotu. Kontekst opisuje zjawisko fizyczne w rzeczywistym świecie. Kontekst może być zewnętrzny / fizyczny, mierzony przez czujniki wbudowane w urządzenie, takie jak lokalizacja, dźwięk, światło; wewnętrzny / logiczny, który jest wychwytywany z interakcji użytkownika, takich jak emocje, preferencje.

- **Heterogeniczność.** *Przetwarzanie we mgle* umożliwia gromadzenie i przetwarzanie danych w różnej postaci, pozyskiwanych za pośrednictwem różnego rodzaju systemów łączności sieciowej.
- **Interoperacyjność i federacja.** Zapewnienie nieprzerwanej dostępności wybranych usług (dobrym przykładem są usługi przesyłania strumieniowego w czasie rzeczywistym) wymaga współpracy różnych dostawców.

W związku z tym, komponenty obliczeniowe usług przetwarzania we mgle powinny zapewniać interoperacyjność, a same usługi powinny być zintegrowane w różnych domenach.

- **Interakcje w czasie rzeczywistym.** Aplikacje do *przetwarzania we mgle* wymagają przede wszystkim interakcji w czasie rzeczywistym, a nie **przetwarzania wsadowego**.
- **Skalowalność i elastyczność (zwinność) zintegrowanych klastrów węzłów mgły.** *Przetwarzanie we mgle* ma charakter *adaptacyjny* na poziomie klastra lub klastra klastrów, obsługując elastyczne przetwarzanie, łączenie zasobów, zmiany obciążenia danymi i zmiany stanu sieci. To tylko kilka z obsługiwanych funkcji *adaptacyjnych*.

2.4. DODATKOWE CECHY CHARAKTERYSTYCZNE PRZETWARZANIA WE MGLE

- **Predysponowanie dostępu bezprzewodowego.** Chociaż *przetwarzanie we mgle* jest stosowane w instalacjach przewodowych, duża liczba czujników bezprzewodowych w rozwiązaniach IoT wymaga rozproszonej analityki i obliczeń.
Dlatego *przetwarzanie we mgle* doskonale sprawdza się w bezprzewodowych sieciach dostępowych IoT.

- **Obsługa mobilności.** Wiele aplikacji *do przetwarzania we mgle* musi komunikować się bezpośrednio z urządzeniami mobilnymi, dlatego obsługują one techniki mobilności, takie jak protokół LISP (*ang. Locator/ID Separation Protocol*)¹², który oddziela tożsamość hosta od tożsamości lokalizacji i wymaga rozproszonego systemu katalogowego.

2.5. ATRYBUTY WĘZŁÓW MGŁY

W celu ułatwienia wdrożenia funkcji przetwarzania we mgle, charakteryzującego się sześcioma podstawowymi cechami opisanymi w punkcie 2.3, węzły mgły muszą wspierać co najmniej jeden z poniższych atrybutów:

- **Autonomia.** Węzły mgły mogą funkcjonować niezależnie, podejmując lokalne decyzje, na poziomie węzła lub klastra węzłów.
- **Heterogeniczność.** Węzły mgły są dostępne w różnych formach i mogą być rozmieszczone w wielu różnych środowiskach.
- **Hierarchiczne grupowanie.** Węzły mgły obsługują struktury hierarchiczne, w których poszczególne warstwy zapewniają różne podzbiory funkcji usługowych, a jednocześnie współpracują ze sobą na zasadzie łańcuchowej.
- **Zarządzalność.** Węzły mgły są zarządzane i orkiestrowane przez złożone systemy, które mogą wykonywać większość rutynowych operacji automatycznie.
- **Programowalność.** Węzły mgły są z założenia programowalne na wielu poziomach, przez wielu interesariuszy - takich jak operatorzy sieci, eksperci dziedzinowi, dostawcy sprzętu lub użytkownicy końcowi.

¹² Locator/ID Separation Protocol (LISP): to architektura sieciowa i zestaw protokołów, które implementują nową semantykę adresowania IP. LISP tworzy dwie przestrzenie nazw i używa dwóch adresów IP: identyfikatory punktów końcowych (*ang. Endpoint Identifiers – EIDs*), które są przypisane do hostów końcowych, oraz lokalizatory routingu (*ang. Routing Locators – RLOCs*), które są przypisane do urządzeń (głównie routerów) tworzących globalny system routingu.

Więcej informacji można znaleźć pod adresem: http://lisp.cisco.com/lisp_over.html.

2.6. ARCHITEKTONICZNE MODELE USŁUG WĘZŁA MGŁY

Przetwarzanie we mgle, podobnie jak tradycyjny model chmury obliczeniowej, oferuje implementacje architektury w wielu warstwach topologii sieci. Podobnie, jak w przypadku modeli usług przetwarzania w chmurze zdefiniowanych w NIST SP 800-145, oraz NSC 500-292, możliwe jest wdrożenie następujących typów modeli usług:

- **Oprogramowanie jako usługa (ang. *Software as a Service - SaaS*).** Możliwości oferowane odbiorcy usługi mgły to korzystanie z aplikacji dostawcy mgły działających na klastrze federacyjnych węzłów mgły zarządzanych przez dostawcę. Ten rodzaj usługi jest podobny do oprogramowania jako usługi w chmurze obliczeniowej (SaaS) i oznacza, że urządzenie końcowe lub inteligentna jednostka uzyskuje dostęp do aplikacji węzła mgły za pomocą interfejsu cienkiego klienta lub interfejsu programu. Użytkownik końcowy nie zarządza, ani nie kontroluje infrastruktury węzła mgły, w tym sieci, serwerów, systemów operacyjnych, pamięci masowej, a nawet indywidualnych możliwości aplikacji, z ewentualnym wyjątkiem ograniczonych ustawień konfiguracyjnych aplikacji specyficznych dla danego użytkownika.
- **Platforma jako usługa (ang. *Platform as a Service - PaaS*).** Funkcje zapewniane odbiorcy usługi mgły są podobne do możliwości oferowanych przez model PaaS chmury obliczeniowej i umożliwiają implementację na platformach połączonych węzłów mgły tworzących klaster aplikacji stworzonych przez klienta lub nabytych przy użyciu języków programowania, bibliotek, usług i narzędzi obsługiwanych przez dostawcę usługi mgły. Odbiorca usługi mgły nie zarządza, ani nie kontroluje infrastruktury i platform mgły, w tym sieci, serwerów, systemów operacyjnych czy pamięci masowej, ale ma kontrolę nad wdrażanymi aplikacjami i ewentualnie ustawieniami konfiguracyjnymi środowiska hostującego aplikacje.

- **Infrastruktura jako usługa (ang. *Infrastructure as a Service - IaaS*).** Możliwości zapewnione odbiorcy usługi mgły to zapewnienie przetwarzania, przechowywania, dostępu do sieci i innych podstawowych zasobów obliczeniowych z wykorzystaniem infrastruktury węzłów mgły tworzących federacyjny klaster. Podobnie jak w przypadku usług IaaS w chmurze obliczeniowej, odbiorca usługi jest w stanie wdrożyć i uruchomić dowolne oprogramowanie, które może obejmować systemy operacyjne i aplikacje. Odbiorca ten nie zarządza, ani nie kontroluje infrastruktury bazowej klastra węzłów mgły, ale ma kontrolę nad systemami operacyjnymi, pamięcią masową i wdrożonymi aplikacjami; oraz ewentualnie ograniczoną kontrolę nad wybranymi komponentami sieciowymi (np. zapory hosta).

2.7. MODELE WDRAŻANIA WĘZŁÓW MGŁY

W związku z tym, że przetwarzanie we mgle jest identyfikowane i definiowane jako rozszerzenie tradycyjnego modelu przetwarzania w chmurze, wspierane są dodatkowo następujące modele wdrażania:

- **Prywatny węzeł mgły.** Węzeł mgły, który jest dostarczany do wyłącznego użytku przez pojedynczą organizację obejmującą wielu odbiorców (np. jednostki biznesowe). Może być własnością, zarządzany i obsługiwany przez organizację, stronę trzecią lub ich dowolną kombinację. Może istnieć na jej terytorium lub poza nim.
 - **Wspólnotowy węzeł mgły.** Węzeł mgły, który jest dostarczany do wyłącznego użytku przez określoną społeczność odbiorców z organizacji, które mają wspólne interesy (np. misja, wymagania bezpieczeństwa, polityka i względy zgodności). Może być własnością, zarządzany i obsługiwany przez jedną lub więcej organizacji w społeczności, stronę trzecią lub ich kombinację, i może istnieć na jej terenie lub poza nim.
 - **Publiczny węzeł mgły.** Węzeł mgły, który jest dostarczany do publicznego użytku. Może być własnością, zarządzany i obsługiwany przez organizacje biznesowe, akademickie, państwowe lub ich kombinację. Funkcjonuje na terytorium dostawcy usług mgły.
-

- **Hybrydowy węzeł mgły.** Złożony węzeł mgły, który jest kompozycją dwóch lub więcej różnych węzłów mgły (prywatne, wspólnotowe lub publiczne), które pozostają unikalnymi jednostkami, ale są połączone znormalizowaną lub zastrzeżoną technologią, która umożliwia przenoszenie danych i aplikacji [np. zagęszczenie przetwarzania we mgle (*ang. Fog Bursting*) służący do równoważenia obciążenia pomiędzy węzłami mgły].

2.8. MGIEŁKA OBLICZENIOWA (*MIST COMPUTING*) JAKO LEKKA WARSTWA MGŁY

Rozwiązania przetwarzania we mgle są wprowadzane przez wiele branż, a prace nad rozwojem rozproszonych aplikacji i narzędzi analitycznych trwają i wciąż się rozwijają. Zapotrzebowanie na geograficznie rozproszone zasoby obliczeniowe o niskim opóźnieniu wywołało technologiczną ewolucję w dziedzinie przetwarzania we mgle, promując rozwój bardziej wyspecjalizowanych, dedykowanych węzłów, charakteryzujących się niskimi zasobami obliczeniowymi. Węzły te, określane jako węzły mgiełki (*ang. mist nodes*), są traktowane jako lekkie węzły mgły. Węzły mgiełki, które tworzą warstwę obliczeniową mgiełki, są rozmieszczone jeszcze bliżej urządzeń peryferyjnych niż bardziej wydajne węzły mgły, z którymi współpracują, często dzieląc tę samą lokalizację z inteligentnymi urządzeniami końcowymi, które obsługują.

2.9. MGIEŁKA OBLICZENIOWA

Mgiełka obliczeniowa (*ang. mist computing*) jest lekką i uproszczoną formą przetwarzania we mgle, która rezyduje bezpośrednio w sieci osnowowej¹³, na brzegu tej sieci, przybliżając warstwę przetwarzania we mgle do inteligentnych urządzeń końcowych. Mgiełka obliczeniowa wykorzystuje mikrokomputery i mikrosterowniki do zasilania węzłów obliczeniowych mgły i potencjalnie dalej w kierunku scentralizowanych usług obliczeniowych (chmury).

¹³ Sieć osnowowa (*ang. network fabric*) to termin branżowy opisujący topologię sieci, w której komponenty przekazują sobie dane poprzez łączące je przełączniki. Sieć osnowowa to siatka połączeń między urządzeniami sieciowymi, takimi jak punkty dostępu, przełączniki i routery, które transportują dane do miejsca przeznaczenia. "Osnowa" może oznaczać fizyczne okablowanie, które tworzy te połączenia, zazwyczaj jednak odnosi się do zwirtualizowanej, zautomatyzowanej siatki połączeń nałożonych na górną część fizycznej topologii.

Warstwa przetwarzania w mgiełce nie jest postrzegana jako obowiązkowa warstwa przetwarzania we mgle. Po wdrożeniu, węzły mgiełki mogą wykorzystywać modele wdrażania opisane w punkcie 2.5 oraz typy usług opisane w punkcie 2.4.

ZAŁĄCZNIK A PRZETWARZANIE WE MGLE VS. PRZETWARZANIE BRZEGOWE

Dla celów niniejszego dokumentu, przetwarzanie brzegowe (*ang. edge computing*) jest warstwą sieciową obejmującą urządzenia końcowe i ich użytkowników, w celu zapewnienia, na przykład, lokalnej zdolności obliczeniowej na czujniku, liczniku lub innych urządzeniach, które są dostępne w sieci. Ta warstwa peryferyjna jest również często określana jako sieć IoT.

Przetwarzanie we mgle jest często błędnie mylone z przetwarzaniem brzegowym, jednakże istnieją kluczowe różnice pomiędzy tymi dwoma pojęciami. Przetwarzanie we mgle uruchamia aplikacje w architekturze wielowarstwowej, która oddziela i łączy funkcje sprzętu i oprogramowania, umożliwiając dynamiczną rekonfigurację dla różnych aplikacji przy jednoczesnym wykonywaniu inteligentnych usług obliczeniowych i transmisyjnych. Przetwarzanie brzegowe uruchamia określone aplikacje w ustalonej lokalizacji logicznej i zapewnia bezpośrednią usługę transmisji. Przetwarzanie we mgle jest hierarchiczne, podczas gdy przetwarzanie brzegowe ma tendencję do ograniczania się do niewielkiej liczby urządzeń peryferyjnych. Ponadto, oprócz obliczeń i sieci, przetwarzanie we mgle zajmuje się również przechowywaniem, sterowaniem i przyspieszaniem przetwarzania danych.

ZAŁĄCZNIK B SŁOWNIK I AKRONIMY

PATRZ: NSC 7298, SŁOWNIK KLUCZOWYCH POJĘĆ Z ZAKRESU CYBERBEZPIECZEŃSTWA