



Warsaw, March 1, 2025

Abstract. Rapid development and adoption of microservices architecture in last few years changed the world of Informatics. Microservices architecture has many advantages, such as flexibility, fast and comfortable deployment, and easy maintenance. However, this architecture also causes new challenges, such as code duplication and complicated code management. In my master's thesis, I've carried on deep and detailed analysis of all available approaches to manage shared code in system of microservices. In my work, I want to compare all available approaches of code share code in system of microservices using literature sources and prepared code laboratory, also to define cases in which it is better to choose one or another approach. In my practical part, I want to present my own approach to sharing code that will combine the advantages of all existing solutions and provide the best performance and code comfort for developer in code management. At the end of my work, I will place comparison of my solution with existing solutions using prepared performance tests.

Keywords: Microservices Architecture · Code Sharing · Performance.

Streszczenie Szybki rozwój i powszechne przyjęcie architektury mikroserwisowej w ostatnich latach zmienił świat informatyki. Architektura mikroserwisowa ma wiele zalet, takich jak elastyczność, łatwe wdrożenia i prostota w utrzymaniu. Natomiast powoduje nowe wyzwania, takie jak, na przykład, problem duplikacji kodu i zarządzanie kodem. W mojej pracy magisterskiej przeprowadziłem dokładną analizę metod i podejść współdzielenia kodu w systemach mikroserwisów. W mojej pracy chcę porównać za pomocą źródeł literaturowych oraz przeprowadzonych badań dostępne metody współdzielenia kodu, zdefiniować przypadki w których warto wybrać takie lub inne podejście. Oraz w części praktycznej chcę zaproponować własne nowoczesne podejście do współdzielenia kodu które połączy zalety istniejących rozwiązań i zapewni wydajność oraz komfort w zarządzaniu kodem. Na końcu pracy znajduje się porównanie mojego rozwiązania z istniejącymi za pomocą przygotowanych testów wydajnościowych.

Keywords: Architektura mikrousług · Współdzielenie kodu
· Wydajność.

Spis treści

1	Wstęp.....	5
1.1	Zakres pracy	5
1.2	Motywacja	5
1.3	Zawartość pracy	6
2	Architektura mikroservisowa a monolitowa.....	7
2.1	Architektura mikroservisowa	7
2.2	Architektura monolitowa	8
2.3	Porównanie	8
3	Analiza dziedziny problemowej	11
3.1	Typy obiektów w aplikacjach mikroservisowych	11
3.2	Kryteria porównania i analizy metod współdzielenia kodu	13
4	Analiza metod współdzielenia kodu	14
4.1	Metody współdzielenia kodu z opisem	14
4.2	Analiza metod współdzielenia kodu dla różnych typów obiektów	17
4.3	Ocena i porównanie metod współdzielenia kodu	19
4.3.1	Definicja kryterium oceny pod kątem izolacji w przypadku IDL	19
4.3.2	Definicja kryterium oceny pod kątem izolacji w przypadku bibliotek, sdk, REST, serverless ...	21
4.3.3	Definicja kryterium oceny pod kątem bezpieczeństwa	23
4.3.4	Definicja kryterium oceny pod kątem skalowalności	25
4.3.5	Definicja kryterium oceny pod kątem wersjonowania	25
5	Appendices	26
5.1	Sample Code	26
5.2	Sample Data	26

1 Wstęp

1.1 Zakres pracy

W pracy magisterskiej przeprowadzono dokładną analizę metod i podejść do współdzielenia kodu w systemach mikroservisów, zakres tej pracy zawiera porównanie między architekturą monolitową a mikroservisową, identyfikację typów obiektów wykorzystywanych w kodzie współczesnych aplikacji, analizę dostępnych metod i podejść do współdzielenia kodu IDL, SDK oraz biblioteki, praktyczna implementacja aplikacji wspierającej nowatorskie podejście do współdzielenia kodu ServerLess.

1.2 Motywacja

Główną motywacją do napisania pracy było rosnące w współczesnych czasach zainteresowanie mikroservisowym podejściem do architektury, które ma wiele zalet, takich jak elastyczność, łatwość wdrożenia i utrzymania na produkcji, możliwość łatwej i szybkiej naprawy problemów na produkcji ale natomiast ma również powoduje nowe wyzwania, takie jak problem duplikacji kodu i zapotrzebowanie na współdzielenie kodu między mikroservisami w systemie.

W mojej pracy chcę przeanalizować jakie metody współdzielenia kodu są dostępne na rynku, jakie są ich zalety i wady, jakie są najlepsze praktyki w współdzieleniu kodu w systemach mikroservisów. Porównać bardziej tradycyjne podejścia do współdzielenia kodu, takie jak IDL, SDK, biblioteki z nowatorskim podejściem do współdzielenia kodu takich jak ServerLess, chcę stworzyć oprogramowanie które połączy główne zalety tradycyjnych metod współdzielenia kodu z zaletami bardziej nowoczesnych podejść.

1.3 Zawartość pracy

Praca jest ustrukturyzowana w kilka rozdziałów, które wprowadzają czytelnika najpierw w szczegóły teoretyczne a później w praktyczne aspekty współdzielenia kodu w systemach mikroservisów. Krótki opis rozdziałów znajduje się poniżej:

1. Wstęp - W tym rozdziale analizuję wady i zalety architektury mikroservisowej, monolitycznej, porównuję dlaczego z architektury monolitycznej powstała architektura mikroservisowa, analizuję przypadki w których lepiej użyć architektury monolitycznej a w której architekturę mikroservisową. Opisuję dlaczego powstało zapotrzebowanie na współdzielenie kodu. Wyjaśniam logikę leżącą u podstaw eksploracji wielu metod współdzielenia kodu. Uzasadniam informację przykładami z literatury.
2. Architektura mikroservisowa a Monolitowa - W tym rozdziale porównuję architekturę mikroservisową z monolityczną, przedstawiam różnice w utrzymaniu i skalowalności, za pomocą źródeł literaturowych prezentuję.
3. Analiza dziedziny problemowej - W tym rozdziale pracy kategoryzuję typy obiektów które mogą potrzebować współdzielenia kodu w systemie mikroservisów, analizuję możliwe wyzwania związane z współdzieleniem poszczególnych typów obiektów, przedstawiam uzasadnienia z literatury.
4. Analiza metod współdzielenia kodu - W tym rozdziale kompleksowa analiza istniejących metod współdzielenia kodu w systemach mikroservisów za pomocą źródeł literaturowych kryterium ocenia.
5. Opis części praktycznej - Zawiera opis przygotowanej w ramach pracy aplikacji która wspomaga nowoczesne rozwiązanie do współdzielenia kodu w systemach mikroservisów - Server Less rozszerzając możliwości tego rozwiązania.

2 Architektura mikroservisowa a monolitowa

Rozwój architektury mikroservisowej w ostatnich latach przyniósł wiele korzyści, takich jak łatwość skalowania, niezależność wdrożenia i elastyczność. Jednak, wraz z tą elastycznością, pojawiają się również nowe wyzwania, związane między innymi z odpowiednim współdzieleniem obiektów pomiędzy mikroservisami.

2.1 Architektura mikroservisowa

Podział aplikacji na mniejsze, niezależne serwisy umożliwia elastyczne skalowanie poszczególnych komponentów, co przekłada się na lepszą wydajność i dostępność systemu. Ponadto, rozbudowa i utrzymanie aplikacji w oparciu o mikroservisy jest znacznie prostsze, ponieważ każdy serwis może być rozwijany niezależnie. Taka modułowa struktura pozwala na szybsze wprowadzanie nowych funkcjonalności oraz łatwiejsze naprawianie błędów. Istotną korzyścią jest również możliwość korzystania z różnych technologii w poszczególnych serwisach, co daje większą elastyczność i umożliwia wykorzystanie najlepszych narzędzi dla każdej części aplikacji. W rezultacie, architektura mikroservisowa umożliwia bardziej efektywne zarządzanie projektem, lepszą skalowalność zespołu oraz izolację błędów, co przyczynia się do wyższej jakości i niezawodności systemu.

"Microservices are small, autonomous services that work together. Let's break that definition down a bit and consider the characteristics that make microservices different." [9, p. 2]

Charakterystyka architektury mikrosług: Modułowość - Usługi są modułowe, co umożliwia łatwiejszy rozwój, konserwację i skalowalność, ponieważ każda usługa kontroluje określoną funkcję lub cechę. Solidność - Mikrosługi zwiększają ogólną solidność systemu, ponieważ błędy w jednej usłudze nie wpływają na całą aplikację, zapewniając tolerancję błędów i niezawodność systemu. Interoperacyjność - Różne mikrosługi komunikują się za pośrednictwem dobrze zdefiniowanych interfejsów API, zapewniając bezproblemową integrację i interakcję usług. Równoległy rozwój - Oddzielne zespoły programistyczne mogą pracować nad różnymi mikrosługami jednocześnie,

co przyspiesza rozwój i funkcje. Elastyczność w zakresie elastycznych technologii - Różne mikrousługi można budować przy użyciu różnych technologii, co pozwala na wykorzystanie najskuteczniejszych narzędzi dla każdej przydzielonej funkcji/cechy. [12]

2.2 Architektura monolitowa

Architektura monolityczna, która opiera się na jednym spójnym kodzie źródłowym, oferuje pewne korzyści w kontekście prostoty zarządzania i łatwości wdrożenia. Wszystkie komponenty aplikacji są ze sobą ściśle powiązane, co ułatwia debugowanie i śledzenie błędów. Ponadto, brak konieczności konfigurowania i zarządzania infrastrukturą dla wielu usług upraszcza proces wdrażania. W przypadku mniejszych projektów o prostszych wymaganiach, architektura monolityczna może być bardziej efektywna i wydajna, eliminując niepotrzebną złożoność komunikacji między usługami. Jednak warto pamiętać, że architektura monolityczna może napotkać trudności w skalowaniu i utrzymaniu w przypadku większych, bardziej złożonych systemów.

Charakterystyka architektury monolitycznej: Pojedyncza jednostka wdrożenia - Cała aplikacja jest wdrażana jako pojedyncza, niepodzielna jednostka. Wszelkie uaktualnienia, ulepszenia lub modyfikacje wymagają wdrożenia całej aplikacji, w tym wszystkich jej komponentów. Scentralizowany przepływ kontroli - Centralny moduł lub funkcja podstawowa nadzoruje przepływ kontroli w aplikacji, koordynując sekwencyjny postęp wykonywania od jednego komponentu do następnego. Ścisłe sprzężenie - Komponenty i moduły w aplikacji są silnie powiązane i zależne od siebie. Współdzielona pamięć - Wszystkie komponenty oprogramowania mają bezpośredni dostęp do zasobów pamięci, co sprzyja ścisłej integracji. Jednak taka konfiguracja może również powodować konflikty zasobów i trudności ze skalowaniem aplikacji. [12]

2.3 Porównanie

W współczesnym świecie programowania, zawsze wybieramy między podejściem monolitycznym i mikroserwisowym, to wiąże się z kompromisem między prostotą, główną cechą podejścia monolitycznego

a elastycznością w przypadku podejścia mikroserwisowego. Podejście monolitowe, które polega na przechowywaniu wszystkich komponentów systemu w jednym miejscu, oferuje łatwość w rozwoju i zarządzaniu kodem ale natomiast może stać wąskim gardłem kiedy aplikacja urośnie. W przeciwieństwie do architektury monolitowej, architektura mikroserwisowa dekomponuje aplikacje w małe, niezależnie zarządzane i wdrażane mikrousługi, umożliwiające granularną skalowalność i niezależne aktualizacje, zmniejszając w ten sposób ryzyko tego, że zmiana w jednym module spowoduje awarię innych. Natomiast takie podejście dodaje skomplikowości projektom poprzez zapotrzebowanie na obsługę komunikacji między mikroserwisami, wersjonowaniem, współdzieleniem kodu.

"I should call out that microservices are no free lunch or silver bullet, and make for a bad choice as a golden hammer. They have all the associated complexities of distributed systems." [9, p. 11]

Zalety architektury monolitycznej: Czas napisania aplikacji - W przypadku małych i średnich aplikacji budowanie aplikacji z architekturą monolityczną jest łatwiejsze i szybsze. Zespół programistów może pracować efektywniej z ujednoliconą bazą kodu bez konfigurowania i zarządzania komunikacją między usługami. Łatwe wdrożenie - Wdrożenie architektury monolitycznej obejmuje wdrożenie pojedynczej jednostki, co jest mniej złożone i wymaga mniejszej liczby katalogów konfiguracyjnych niż systemy rozproszone. Uproszczone testowanie i debugowanie - O wiele łatwiejszym jest testowanie aplikacji monolitycznej. Ze względu na ścisłą integrację wszystkich komponentów, testy jednostkowe i integracyjne można przeprowadzać w ramach pojedynczej bazy kodu, co upraszcza proces testowania. Skalowalność - Architektura monolityczna, w przypadku małych i średnich aplikacji, zapewnia odpowiednią skalowalność poprzez replikację całej aplikacji. [12]

Zalety architektury mikroserwisowej: Skalowalność - Mikrousługi umożliwiają niezależne skalowanie różnych usług w oparciu o ich zapotrzebowanie, optymalizując wykorzystanie zasobów i zapewniając wydajną wydajność nawet podczas szczytów ruchu. Utrzymanie kodu - Mikrousługi umożliwiają równoległy rozwój przez różne zespoły, co prowadzi do szybszego rozwoju funkcji i szybszego wdraża-

nia. Elastyczność w trakcie wyboru technologii - Każda mikrousluga może być rozwijana przy użyciu najbardziej odpowiedniego stosu technologicznego dla jej konkretnej funkcji, co promuje elastyczność i adaptowalność do różnych technologii w ramach tej samej aplikacji. Łatwe debugowanie - Lokalizowanie i rozwiązywanie błędów w poszczególnych usługach jest proste. Bezpieczeństwo - Mikrouslugi ułatwiają separację danych. Każda usługa ma swoją bazę danych, co utrudnia hakerom próbę naruszenia aplikacji. [12]

Wybór między architekturą monolityczną a mikroserwisową zależy od wielu faktorów, takich jak rozmiar projektu, zapotrzebowanie na ciągły rozwój, wymagania dotyczące skalowalności oraz kompetencje i doświadczenia zespołu. Architektura monolityczna lepiej pasuje dla małych i mniej skomplikowanych projektów natomiast mikroserwisowa oferuje benefity w przypadku wykorzystania w większych, bardziej skomplikowanych systemach.

3 Analiza dziedziny problemowej

Celem niniejszej pracy magisterskiej jest zgłębienie tematu współdzielenia obiektów w systemach mikroserwisów oraz zrozumienie wyzwań i możliwości związanych z tym zagadnieniem. Praca ma na celu analizę różnych strategii, narzędzi i metodyk, które mogą pomóc w efektywnym i bezpiecznym współdzieleniu danych i obiektów w skali mikroserwisowej architektury.

3.1 Typy obiektów w aplikacjach mikroserwisowych

Postanowiłem rozpocząć analizę dziedziny problemowej od tego że za pomocą źródeł literaturowych zidentyfikuję typy obiektów oraz dokonać analizy tego, które z nich mogą wymagać współdzielenia w systemach mikroserwisów.

1. DTO (Data Transfer Object) - Takie obiekty są specjalnie przeznaczone do obsługi przesyłania danych między elementami systemu mikroserwisów, są lekkie i nie zawierają logiki biznesowej, dlatego współdzielenie takich obiektów jest jak najbardziej zalecane ponieważ zapewniają spójność danych po obu stronach komunikacji oraz zmniejsza ilość błędów w przypadku rozwoju lub utrzymania aplikacji.
2. Model (lub Encja) - Najczęściej są logicznie powiązane z tabelami w bazie danych, ze względu na to że we współczesnych czasach za dobrą praktykę jest uważane podejście w którym jeden mikroserwis jest powiązany z maksymalnie jedną bazą danych, współdzielenie tego typu obiektów nie jest zalecane.
3. Wyjątek (Exception) - Zalecanym jest współdzielenie informacji o wyjątkach w systemie mikroserwisów tym samym tworząc jednolitą obsługę błędów w systemie. Logika związana z obsługą błędów, w przypadku podobności w kilku serwisach też jest dobrym kandydatem do współdzielenia. Taka standaryzacja w systemie mikroserwisów sprawia że łatwiej później znaleźć źródło błędu i naprawić go.
4. Walidatory - W przypadku współdzielenia walidatorów w systemie mikroserwisów można zapewnić integralność danych w całym systemie oraz zmniejszyć duplikację kodu, również standaryzacja

walidacji obiektów w systemie zmniejsza ilość ewentualnych problemów w trakcie ewolucji i rozwoju mikroserwisów w przyszłości, współdzielenie takich obiektów jest dobrą praktyką i jest zalecane.

5. Serwisy - W przypadku logiki która powtarza się w dwóch i więcej serwisach zalecanym jest współdzielenie takiego serwisu za pomocą najlepiej w tym przypadku pasującej metody, zmniejsza to duplikację kodu natomiast zwiększa czytelność i spójność kodu w systemie mikroserwisów, zmniejsza ilość ewentualnych problemów w trakcie ewolucji i rozwoju kodu.

Zawsze należy pamiętać w trakcie developmentu aplikacji, że współdzielenie kodu ma wiele zalet, natomiast nadmierne współdzielenie kodu może spowodować nadmierne powiązania między mikroserwisami i utrudnić niezależną ewolucję poszczególnych serwisów oraz zniweczyć zalety infrastruktury mikroserwisowej. Również nadmierne współdzielenie kodu utrudnia testowanie aplikacji co może spowodować zmniejszenie jakości kodu. Również nadmierne współdzielenie kodu może spowodować błędy kaskadowe, czyli błędy które pojawiają się w kilku miejscach w systemie jednocześnie spowodowane współdzielonym kawałkiem kodu, utrudnia utrzymanie aplikacji również są powodem na to, żeby podchodzić do współdzielenia kodu ostrożnie podejmować przemyślaną decyzję w każdym konkretnym przypadku.

3.2 Kryteria porównania i analizy metod współdzielenia kodu

Po przeprowadzeniu dogłębnej analizy tematu i między innymi źródeł literaturowych, takich jak [9], [11], [10], [5] mogą zdefiniować kryteria porównania metod współdzielenia kodu w systemach mikroserwisów jako następujące:

1. Komunikacja - Metoda współdzielenia obiektów powinna uwzględniać efektywną komunikację między serwisami. Ważne jest, aby obiekty były dostępne w sposób, który minimalizuje opóźnienia i obciążenie sieci. Dobre rozwiązania mogą obejmować użycie asynchronicznej komunikacji, takiej jak kolejki wiadomości, czy też bezpośrednie zapytania między serwisami.
2. Izolacja - Metoda współdzielenia obiektów powinna zapewniać odpowiednią izolację między serwisami. Każdy serwis powinien mieć kontrolę nad swoimi własnymi obiektami i nie powinien być zależny od innych serwisów. To pozwala na większą elastyczność i umożliwia niezależny rozwój i skalowanie serwisów.
3. Bezpieczeństwo - W przypadku współdzielenia obiektów, istotne jest zapewnienie odpowiedniego poziomu bezpieczeństwa. Dostęp do obiektów powinien być kontrolowany i zabezpieczony w sposób, który zapobiega nieautoryzowanemu dostępowi. Mechanizmy uwierzytelniania i autoryzacji powinny być odpowiednio wdrożone, aby zapewnić bezpieczne współdzielenie obiektów.
4. Skalowalność - Metoda współdzielenia obiektów powinna być skalowalna. System powinien być w stanie efektywnie obsługiwać rosnącą liczbę żądań i zapewniać odpowiednią wydajność. Współdzielenie obiektów powinno być projektowane w taki sposób, aby możliwe było łatwe skalowanie poszczególnych serwisów bez wpływu na cały system.
5. Wersjonowanie - Ważne jest również odpowiednie zarządzanie wersjami obiektów, szczególnie w środowisku mikroserwisów, gdzie różne serwisy mogą używać różnych wersji obiektów. Metoda współdzielenia obiektów powinna uwzględniać zarządzanie wersjami i umożliwiać aktualizacje w sposób kontrolowany i bezpieczny.

4 Analiza metod współdzielenia kodu

We współczesnych czasach współdzielenie kodu jest niezbędne w skomplikowanych systemach mikroserwisów, w tym rozdziale pracy porównuję istniejące podejścia do współdzielenia kodu oraz porównam je za pomocą zdefiniowanych w poprzednim rozdziale kryteriów. Głównym celem jest zdefiniowanie najlepszych praktyk współdzielenia kodu, zdefiniować, które podejście najbardziej dopasowane do współdzielenia konkretnych typów obiektów, zdefiniowanych powyżej w tej pracy oraz porównanie wydajności i możliwości skalowania w przypadku każdego z podejść za pomocą przygotowanych programistycznych testów wydajnościowych.

4.1 Metody współdzielenia kodu z opisem

Za pomocą źródeł literatury oraz własnego doświadczenia zdefiniowałem dostępne na dzień dzisiejszy podejścia:

1. Interface definition languages - do IDL należą wiele popularnych technologii, Protocol buffers, Avro IDL, Open API. [14]
2. Libraries - najbardziej oczywiste podejście, które daje możliwość współdzielenia wszystkich rodzajów obiektów w aplikacji.
3. Client Libraries -
4. Wyniesienie kodu do osobnego REST serwisu - podejście polega na przechwytywaniu i udostępnieniu wspólnej logiki poprzez utworzenie osobnego mikroserwisu.
5. Serverless - nowoczesne podejście do pisania kodu i przetwarzania informacji wykorzystywane w chmurach obliczeniowych. Pozwala na uruchamianie kawałków kodu, metod i funkcji niezależnie, bez warstwy zarządzania aplikacją, a także na uruchamianie kodu bez konieczności zarządzania podstawową infrastrukturą. [4]

Pryncypia działania poszczególnych metod współdzielenia kodu:

Interface definition languages – są powszechnie używane w oprogramowaniu zdalnych wywołań procedur. W takich przypadkach maszyny po obu stronach łączy mogą używać różnych systemów operacyjnych i języków programowania. IDL oferują most pomiędzy dwoma różnymi systemami. Natomiast również mogą być użyte dla generacji obiektów lub kodów w systemach mikroserwisów. Każdy

system IDL posiada określony przez twórców język IDL oraz interpretator języka IDL. Interpretator języka IDL przygotowany i dostarczony przez twórców potrafi na podstawie udostępnionych reguł wygenerować kod używając przygotowane pliki IDL. Używając języka IDL możemy przygotować obiekty lub kod zapisany za pomocą języka IDL, a później udostępnić przygotowane pliki IDL nieograniczonej ilości mikroservisów i na podstawie udostępnionych plików wygenerować w każdym z mikroservisów kod lub obiekty, które zostaną użyte przez specyficzną logikę konkretnego serwisu dla osiągnięcia konkretnego celu biznesowego. Tworzenie kodu na podstawie plików IDL jest łatwo zautomatyzowane za pomocą narzędzi do budowania aplikacji, takich jak Gradle czy Maven, dlatego możemy używać IDL jako metodę współdzielenia kodu. W trakcie pracy zamierzam sprawdzić skuteczność tej metody, problemy związane z jej użyciem oraz określić przypadki, w których dobrze się nada, jak również przypadki, w których lepiej jej nie stosować.

Libraries – biblioteki to w odpowiedni sposób przygotowany kod, który my za pomocą odpowiednich narzędzi możemy łatwo importować i używać jako część innego programu. Program importujący bibliotekę może używać kodu biblioteki tak, jakby to był własny kod programu. Istnieje wiele narzędzi, które wspomagają łatwe i szybkie importowanie i zarządzanie bibliotekami kodu, takie jak Maven czy Gradle. W współczesnych systemach mikroservisów współdzielenie kodu za pomocą bibliotek kodu odbywa się za pomocą serwisów do przechowywania artefaktów i plików binarnych, takich jak Nexus. [6, 5] Na pierwszym etapie narzędzie do budowania projektu przygotowuje bibliotekę i wysyła ją na serwer. Dalej kod może być przechowywany nieograniczoną ilość czasu na serwerze. Aplikacje, które mają dostęp do serwera, mogą pobrać bibliotekę z kodem i przechowywać w lokalnym systemie plików, używając jako część kodu źródłowego. Biblioteka może być udostępniona nieograniczonej liczbie projektów. Organizacja może ograniczać dostęp do serwera.

SDK – mechanizm działania podobny do bibliotek, różni się jedynie podejściem. W przypadku kodu SDK na serwerze udostępniającym dependencje przechowywane są jedynie obiekty, które muszą być użyte do komunikacji z innym programem lub kodem. Logika biznesowa nie została udostępniona w takim przypadku i zostaje ukryta oraz nie może zostać zmieniona. W przypadku udostępnienia

SDK możemy łatwo zapewnić bezpieczeństwo kodu (użytkownicy wciągający dependencje nie widzą logiki biznesowej) oraz chronimy się przed przypadkowymi oraz niepożądanymi zmianami kodu. Pozwala to zaoszczędzić na testach manualnych oraz automatycznych kodu. Przykład, w którym możemy użyć współdzielenia kodu SDK to – mamy mikroserwis, który udostępnia API. API przyjmuje obiekty JSON, które mogą być opisane za pomocą obiektów Java. Obiekty, które pozostałe mikroserwisy w systemie mikroserwisów mogą użyć do wysłania żądań do określonego wcześniej mikroserwisu udostępniającego API, możemy udostępnić dla naszego systemu mikroserwisów jako bibliotekę. Każdy serwis, który chce wysyłać żądania do serwisu REST-owego, może pobrać bibliotekę w postaci dependencji za pomocą narzędzia do budowania i użyć przygotowane obiekty do komunikacji. Natomiast kod serwisu nie zostanie udostępniony. W ramach prac nad serwisem korzystającym z API REST-owego nie musimy testować kodu API, bo on nie został udostępniony i dlatego nie mógł ulec zmianie w trakcie pisania kodu serwisu.

REST API - Representational State Transfer Application Programming Interface jeden z najpopularniejszych podejść do komunikacji między mikroserwisami i dla współdzielenia kodu w systemach mikroserwisów. Przykładami współdzielenia kodu za pomocą REST mogą być mikroserwis do uwierzytelniania użytkowników, który może być wykorzystany przez każdy serwis w systemie mikroserwisów, tym samym logika związana z uwierzytelnieniem użytkowników jest współdzielona między elementami systemu. REST API pozwala na kompletne odseparowanie współdzielonego kawałka logiki od implementacji aplikacji, tym samym redukując problemy związane z zarządzaniem wersjami, które występują w przypadku bibliotek i SDK. Również współdzielenie kodu za pomocą REST API nie powoduje zależności i sztywnych powiązań między mikroserwisami, co sprawia, że system jest bardziej elastyczny, natomiast trudniej w takim przypadku utrzymać spójność API kontraktów w systemie. Współdzielenie kodu za pośrednictwem interfejsu API REST obejmuje udostępnianie danych lub funkcji za pomocą standardowych metod HTTP (GET, POST, PUT, DELETE) i wymianę informacji w formatach takich jak JSON lub XML. Do zalet podejścia można odnieść dobrą skalowalność, nowe mikroserwisy mogą być łatwo dodawane i usuwane bez wpływu na cały system, również REST API pozwala na

lepszy i bardziej zrozumiały podział odpowiedzialności w systemie, co prowadzi do zmniejszenia duplikacji kodu. Do wad tego podejścia możemy odnieść trudności w utrzymaniu, w przeciwieństwie do bibliotek i SDK zmiany w API nie są automatycznie wykrywane przez klientów, również różni klienci mogą równocześnie używać różnych wersji API, co wymaga mechanizmów kontroli wersji.

Serverless - Nowoczesne podejście, które pozwala na uruchamianie kodu bez bezpośredniego zarządzania infrastrukturą i sprzętem. W przypadku tego podejścia chmura obliczeniowa zarządza przydzielaniem odpowiednich zasobów, zarządza skalowaniem i utrzymaniem serwera, dając możliwość programiście skupić się na napisaniu kodu. W kontekście współdzielenia kodu, serverless pozwala na stworzenie małych, niezależnych funkcji, które mogą być łatwo wykorzystane do współdzielenia kodu w systemach mikroservisów. Takie podejście dobrze pasuje do współdzielenia małych, często powtarzających się kawałków kodu. Technologia serverless również pozwala usprawnić współpracę między zespołami, zmniejsza duplikację kodu i upraszcza konserwację. Funkcje współdzielone za pomocą serverless mogą być udostępniane za pomocą technologii REST, co wiąże się z wszystkimi zaletami i wadami tego podejścia, albo za pomocą SDK udostępnionego przez dostawcę chmury.

4.2 Analiza metod współdzielenia kodu dla różnych typów obiektów

Po przeprowadzeniu analizy źródeł literaturowych oraz własnego doświadczenia dokanełem analizę tego, jakie metody współdzielenia mogą zostać wykorzystane dla poszczególnych typów obiektów.

Obiekty DTO (Interface Definition Languages) mogą być współdzielone za pomocą IDL, generowanie obiektów na podstawie plików IDL pozwala na standaryzację kontraktów komunikacji między mikroservisami. Również obiekty DTO mogą być współdzielone za pomocą bibliotek, takie obiekty mogą albo bezpośrednio w bibliotekach albo pliki IDL na podstawie których później będą wygenerowane klasy DTO mogą być udostępniane za pomocą bibliotek. Takie podejście jest często wykorzystywane w procesach CI/CD. SDK też jest dobrze dopasowanym podejściem wykorzystywanym razem z obiektami DTO, udostępnienie obiektów DTO za pomocą SDK bez

udostępnienia bezpośrednio logiki biznesowej jest dobrą praktyką w programowaniu. Współdzielenie obiektów DTO może zapewnić to, że każda usługa będzie wykorzystywać spójne struktury danych ułatwiając komunikację zmniejszając tym samym ryzyko niesójności.

Obiekty Model, współdzielenie takich obiektów zgodnie z wcześniejszą analizą nie jest zalecane, ze względu na to, że zalecany jest wykorzystywanie nie więcej niż jednej bazy dla każdego mikroservisu. Ze względu na to, nie można zleć najlepszej opcji do współdzielenia takich obiektów. Teoretycznie obiekty Model mogą być współdzielone za pomocą bibliotek ale jak zaprezentowano w [8] może to powodować później problemy z zarządzaniem kodem i środowiskami.

Walidatory, jako obiekty zawierające w ograniczonej skali logikę programu mogą być współdzielone za pomocą bibliotek, REST API oraz technologii Serverless. Współdzielenie walidatorów jest dobrą praktyką i jest zalecane, ponieważ pozwala na utrzymanie spójnych reguł walidacji w systemach mikroservisów co poprawia jakość danych które one wyminiają się elementami systemu. W przypadku współdzielenia za pomocą bibliotek, tracimy możliwość połączenia kilku mikroservisów napisanych w różnych językach programowania w jeden system mikroservisów co, natomiast, możemy zrobić w przypadku współdzielenia za pomocą REST oraz serverless. Serverless jest najlepszą opcją współdzielenia walidatorów, ze względu na to, że walidatory zawierają zwykle niewielką ilość logiki która mieści się w jednej funkcji którą idealnie nadają się do hostowania za pomocą serverless, również w tym przypadku nie tracimy możliwości połączenia kilku mikroservisów napisanych w różnych językach programowania w jeden system mikroservisów.

Servisy, w których są głównym miejscem przechowywania, serwisy mogą być współdzielone za pomocą bibliotek, SDK, REST oraz serverless. W przypadku wyboru podejścia do współdzielenia mikroservisów należy dokonać analizy i zastanowić się. Biblioteki kodu są najbardziej uniwersalnym podejściem w przypadku serwisów, pasują do wykorzystania w przypadku współdzielenia małych metod zawierających małą ilość kodu jak i tych większych. Podejście REST też dobrze pasuje do wszystkich zmierzających do współdzielenia logiki, ale natomiast w wysoko obciążonych systemach może powodować obniżenie wydajności ze względu na rozproszenie zasobów na komunikację sieciową. podejście serverless także się sprawdzi w przypadku

współdzielenia mniejszych metod, zarządnie skomplikowaną logiką za pomocą serwerless może skomplikowanym, jak w przypadku REST w wysoko obciążonych systemach podejście raczej trzeba zminić na bibliotekę lub sdk.

Wyjątki, do współdzielenia wyjątków możemy zastosować SDK oraz IDL w przypadku dyjatków nie zawierających logiki związanej z obsługą błędów. Stosowanie współdzielenia za pomocą SDK w systemie mikroserwisów wspomaga stworzenie ustandaryzowanego podejścia do obsługi błędów w systemie co powoduje lepsze logowanie i raportowanie błędów oraz szybsze ich naprawienie i zniejszenie ilości porlpemów na przestrzeni czasu.

4.3 Ocena i porównanie metod współdzielenia kodu

Na podstawie źródeł literaturowych, własnego doświadczenia oraz przygotowanych tstów wydajnościowych dokonałem analizy przedstawionych powyżej podejść do współdzielenia kodu w systemach mikroserwisów.

4.3.1 Definicja kryterium oceny pod kątem izolacji w przypadku IDL Przedstawiam kryteria które wybrałem w rezultacie analizy źródeł internetowych oraz książek takich jak [5] w których w znalazłem opis tego jak musi wyglądać architektura mikro serwisowa, wady i zalety różnych rozwiązań.

1. Conflict Rate - wskaźnik tego, jak często zmiany w plikach IDL powoduje merge konflikty. Wyzwania dotyczące pracy z IDL i podejścia do ich pokonania są dobrze opisane w książce [5]. W szczegółach są opisane metody pracy z schematami idl między innymi narzędziem Protocol Buffer dostrzanego przez Alphabet oraz Avro. Można posłużyć się cytatem z zosdziłu 4 żeby zaprezentować że musimy uwzględniać ten aspekt w analizie.

"This means that old and new versions of the code, and old and new data formats, may potentially all coexist in the system at the same time. In order for the system to continue running smoothly, we need to maintain compatibility in both directions: Backward compatibility and Forward compatibility." [5, p. 112]

Również w tym rozdziale autor prezentuje dlaczego takie problemy powstają, możemy posłużyć się cytatem.

"When a data format or schema changes, a corresponding change to application code often needs to happen (for example, you add a new field to a record, and the application code starts reading and writing that field). However, in a large application, code changes often cannot happen instantaneously: old and new versions of the code, and old and new data formats, may potentially all coexist in the system at the same time." [5, p. 111]

Nusimy uważać na tożaką ilość konfliktów generuje stosowanie wybranego podejścia. Podobne konflikty często są czasowe i nawet w przypadku nietrudnych przypadków potrafią spowodować zespół deweloperski oraz spowodować inne, bardziej skomplikowane błędy.

2. Version Drift Occurrence - wskaźnik tego, jak często rozwiązywanie powoduje użycie niezgodnych wersji IDL w różnych zespołach. Kiedy zespoły programistów pracujące nad jednym systemem zaczynają używać niezgodną wersję plików IDL mikroserwisów w systemie mikroserwisów przestają komunikować poprawnie co powoduje błędy w runtime które są bardzo trudne do wyłapania i naprawy, nieoczekiwanego zachowania systemu oraz uszkodzenia danych. W przypadku wykorzystania podejścia które nie może zapewnić odpowiedni poziom kontroli nad wersjami i izolacji rozwój i wdrażania zmian w systemie mogą być problematyczne. Możemy posłużyć się cytatem:

"With Avro, when an application wants to encode some data (to write it to a file or database, to send it over the network, etc.), it encodes the data using whatever version of the schema it knows about... When an application wants to decode some data (read it from a file or database, receive it from the network, etc.), it is expecting the data to be in some schema, which is known as the reader's schema... The key idea with Avro is that the writer's schema and the reader's schema don't have to be the same—they only need to be compatible." [5, p. 123]

W przypadku braku kompatybilności nie jest możliwe poprawne działanie systemu.

3. Build Failure Rate - wskaźnik tego, jak często zmiany w plikach IDL powodują problemy w trakcie budowania aplikacji.

"When an application wants to decode some data (read it from a file or database, receive it from the network, etc.), it is expecting the data to be in some schema, which is known as the reader's schema. That is the schema the application code is relying on—code may have been generated from that schema during the application's build process." [5, p. 123]

Dlatego w przypadku problemów z schematem wynikającym często z nieprawidłowo wybranego podejścia do zarządzania plikami IDL.

4. Deployment Rollback Frequency - wskaźnik tego, jak często zmiany w plikach IDL powodują problemy w trakcie wdrożenia aplikacji na źródowiska w systemie mikroservisów.

"With server-side applications you may want to perform a rolling upgrade (also known as a staged rollout), deploying the new version to a few nodes at a time, checking whether the new version is running smoothly, and gradually working your way through all the nodes. This allows new versions to be deployed without service downtime, and thus encourages more frequent releases and better evolvability." [5, p. 92]

Częste reolbaki usług w trakcie wdrożeń mogą spowodować spowolnienie wdrożenia nowych zmian i opóźnienie projektu, dlatego w trakcie wyboru podejścia do zarządzania plikami idl musimy brać to pod uwagę. Musimy w trakcie analizy i planowanie projektu wybrać podejście które zapełni najmniejsze ryzyko błędów w trakcie próbnego wdrożenia i wycofania zmian.

4.3.2 Definicja kryterium oceny pod kątem izolacji w przypadku bibliotek, sdk, REST, serverless W kontekście bibliotek, SDK, REST i serverless znaczenie pojęcia izolacji różni się od izolacji w kontekście IDL, w tym przypadku izolacja to zdolność systemu do odseparowania komponentów systemu i zminimalizować wpływ zmian w jednym serwisie na pozostałe co i daje podejściu mikroservisowemu jego wygodność i elastyczność.

W przypadku izolacji na podstawie analizy źródeł literaturowych oraz własnego doświadczenia zdefiniowałem kryteria porównania jako następujące: |

1. Izolacja interfejsów - elementy w systemie mikroserwisów muszą zapełnić jasno określone interfejsy, które pozwolą na łatwą komunikację komponentów bez wprowadzania nieposzadanych zależności i nadmiernych powiązań. Zmiany w jednym elemencie systemu nie powinny wpływać na pozostałe elementy systemu.

"A well-designed library or SDK isolates its implementation details from the user, allowing developers to interact with the API without needing to understand its inner workings. This reduces the risk of breaking changes and simplifies maintenance." [1, p. 75]

Za pomocą tego cytatu możemy wyjaśnić, w jaki sposób jasno dobrze zaprojektowane interfejsy pomagają oddzielić wewnętrzne implementacje od zewnętrznego interfejsu, umożliwiając zmiany bez wpływu na inne części systemu.

2. Izolacja wersji - w przypadku aktualizacji, nowa wersja utworzona to wprowadzeniu zmian powinna być kompatybilna wstecznie, umożliwiając migrację bez zakłóceń. Izolacja wersji zapewnia nam, że stare wersje, dostarczone przez bibliotek, sdk, REST czy serverless mogą współistnieć z nowszymi wersjami, umożliwiając tym samym – W przypadku aktualizacji SDK, nowa wersja powinna być w pełni kompatybilna wstecz, umożliwiając migrację bez zakłóceń. Izolacja wersji zapewnia, że starsze wersje SDK mogą współistnieć z nowszymi, umożliwiając płynne przejście między nimi bez wymuszania natychmiastowych zmian w istniejącej aplikacji.

"Versioning APIs and libraries carefully ensures that changes can be introduced gradually, providing compatibility for both old and new clients. This allows legacy systems to function alongside the updated ones without breaking the user experience or requiring immediate changes." [3, p. 172]

Powyższy cytat pokazuje, jak ważne jest zachowanie kompatybilności wstecznej w przypadku współdzielenia kodu w systemach mikroserwisów.

3. Izolacja zależności - w przypadku SDK, bibliotek, REST czy serverless powinniśmy minimalizować wpływ zewnętrznych zależności na aplikację końcową, pozwala to na kontrolowanie wersji zależności oraz odseparowanie od podstawowych komponentów aplikacji.

"Dependencies should be isolated to minimize their impact on the main application, allowing the code to remain flexible. One of the key principles of dependency management is to ensure that dependencies can be replaced without affecting the core business logic." [7, p. 218]

Powyższy cytat pokazuje, jak ważne jest odseparowanie i izolacja zależności, pomoże to w zachowaniu elastyczności i odseparowania bazy kodu aplikacji, co jest kluczowe dla uniknięcia niepożądanych efektów ubocznych i uproszczenia konserwacji.

4.3.3 Definicja kryterium oceny pod kątem bezpieczeństwa

1. Poufność - (Confidentiality) Zapewnienie tego, że poufne dane nie będą udostępnione osobom lub systemom nieupoważnionym do tego. Zachowanie poufności jest kluczowe dla ochrony danych osobowych i korporacyjnych.

"Preserving authorized restrictions on information access and disclosure, including means for protecting personal privacy and proprietary information. A loss of confidentiality is the unauthorized disclosure of information." [13, p. 22]

2. Integralność danych - (Integrity) Integralność danych koncentruje się na dokładności i wiarygodności informacji, chroniąc je przed nieautoryzowanymi modyfikacjami, zapewnia, że dane są zarówno niezawodne, jak i spójne.

"Guarding against improper information modification or destruction, including ensuring information nonrepudiation and authenticity. A loss of integrity is the unauthorized modification or destruction of information." [13, p. 22]

3. Dostępność - (Availability) Zapewnia to, że dane w systemie są dostępne, a różnego rodzaju zakłócenia dostępu do danych są zminimalizowane.

"Ensuring timely and reliable access to and use of information. A loss of availability is the disruption of access to or use of information or an information system." [13, p. 22]

4. Autentyczność - (Authenticity) Gwarancja tego, że autoryzowanym użytkownikom można zaufać, co zapobiega podszywaniu się lub manipulacjom. Polega to na weryfikacji tożsamości użytkowników i potwierdzeniu źródeł danych w celu zapewnienia autentyczności.

"The property of being genuine and being able to be verified and trusted; confidence in the validity of a transmission, a message, or message originator. This means verifying that users are who they say they are and that each input arriving at the system came from a trusted source." [13, p. 23]

5. Odpowiedzialność - (Accountability) Definiuje zapotrzebowanie na zapisywanie w celach monitoringu działań użytkowników w systemie w celu późniejszej analizy. W trakcie analizy można wykryć podejrzanе zachowania, naruszenia przepisów bezpieczeństwa. Pomaga w zapewnieniu tego, że podmioty naruszające przepisy prawne oraz przepisy bezpieczeństwa poniosą odpowiedzialność oraz zapobiec podobnym sytuacjom w przyszłości.

"The security goal that generates the requirement for actions of an entity to be traced uniquely to that entity. This supports nonrepudiation, deterrence, fault isolation, intrusion detection and prevention, and afteraction recovery and legal action. Because truly secure systems are not yet an achievable goal, we must be able to trace a security breach to a responsible party. Systems must keep records of their activities to permit later forensic analysis to trace security breaches or to aid in transaction disputes." [13, p. 23]

6. Poufność - (Confidentiality) Zapewnienie tego, że poufne dane nie będą udostępnione osobom lub systemom nieupoważnionym do tego. Zachowanie poufności jest kluczowe dla ochrony danych osobowych i korporacyjnych.

"Preserving authorized restrictions on information access and disclosure, including means for protecting personal

privacy and proprietary information. A loss of confidentiality is the unauthorized disclosure of information." [13, p. 22]

4.3.4 Definicja kryterium oceny pod kątem skalowalności

Czym jest skalowalność

"Scalability – the ability to work well when the load or the number of users increases – failure handling, concurrency of components, transparency and providing quality of service." [2, p. 21]

W rozdziale 1 autorzy definiują pojęcie skalowalności jako 4 główne aspekty systemu Controlling the cost of physical resources, Controlling the performance loss, Preventing software resources running out, Avoiding performance bottlenecks, strony 20-21, czyli Kontrola kosztów zasobów fizycznych, Kontrola utraty wydajności, Zapobieganie wyczerpywaniu się zasobów oprogramowania, Unikanie wąskich gardeł wydajności, dlatego mogą zdefiniować kryterium oceny pod kątem skalowalności jako:

Wpływ na koszty zasobów fizycznych - ocena tego, jak wybrane podejście wpływa na wykorzystaniem zasobów sprzętowych w miarę wzrostu obciążenia.

Wpływ na wydajność - ocena tego, jak wybrane podejście wpływa na wydajność systemu w miarę wzrostu obciążenia.

Wpływ na zasoby serwera - ocena tego, jak wybrane podejście wpływa na jakość wykorzystania zasobów serwera w miarę wzrostu obciążenia.

Unikanie wąskich gardeł wydajności - ocena tego, czy wybrane podejście powoduje powstanie wąskich gardeł w miarę wzrostu obciążenia systemu.

4.3.5 Definicja kryterium oceny pod kątem wersjonowania

Spis rysunków

Spis tablic

Literatura

1. Joshua Bloch. *Effective Java*. Addison-Wesley Professional, 2018.
2. George Coulouris, Jean Dollimore, Tim Kindberg, and Gordon Blair. *Distributed Systems: Concepts and Design*. Pearson Education, 5th edition, 2011.
3. Martin Fowler. *Patterns of Enterprise Application Architecture*. Addison-Wesley Professional, 2012.
4. IBM. What is serverless computing?, 2023.
5. Martin Kleppmann. *Designing Data-Intensive Applications: The Big Ideas Behind Reliable, Scalable, and Maintainable Systems*. O'Reilly Media, Inc., 2017.
6. Mohamed Labouardy. *Pipeline as Code: Continuous Delivery with Jenkins, Kubernetes, and Terraform*. Manning Publications, 2021.
7. Robert C. Martin. *Clean Code: A Handbook of Agile Software Craftsmanship*. Prentice Hall, 2008.
8. Ronnie Mitra, Irakli Nadareishvili, Matt McLarty, and Mike Amundsen. *Microservices: Up and Running: A Step-by-Step Guide to Building a Microservice Architecture*. O'Reilly Media, Inc., 2020.
9. Sam Newman. *Building Microservices: Designing Fine-Grained Systems*. O'Reilly Media, Inc., 2015.
10. Michael T. Nygard. *Release It!: Design and Deploy Production-Ready Software*. Pragmatic Bookshelf, 2008.
11. Chris Richardson. *Microservices Patterns: With examples in Java*. Manning Publications, 2018.
12. Raj Sharma. *Monolithic to Microservices: Evolution of Software Architecture*. Tech Publications, 2023.
13. William Stallings. *Cryptography and Network Security: Principles and Practice*. Pearson, 2017.
14. Wikipedia. Interface description language, 2023.

5 Appendices

5.1 Sample Code

5.2 Sample Data