

Praca Dyplomowa Inżynierska

Dawid Wijata
205006

Porównanie aplikacji frontendowych opartych na mikrofrontendach z tradycyjną architekturą monolityczną na przykładzie aplikacji do zarządzania finansami osobistymi

Comparison of Microfrontend Applications and Monolith Frontend
Applications Based on the Example of Expense Tracker

Praca dyplomowa na kierunku:
Informatyka

Praca wykonana pod kierunkiem
dr inż. Piotra Wrzeciono
Instytut Informatyki Technicznej
Katedra Systemów Informacyjnych

Warszawa, rok 2023



SZKOŁA GŁÓWNA
GOSPODARSTWA
WIEJSKIEGO

Wydział Zastosowań
Informatyki
i Matematyki

Oświadczenie Promotora pracy

Oświadczam, że niniejsza praca została przygotowana pod moim kierunkiem i stwierdzam, że spełnia ona warunki do przedstawienia tej pracy w postępowaniu o nadanie tytułu zawodowego.

Data

Podpis promotora

Oświadczenie autora pracy

Świadom/a odpowiedzialności prawnej, w tym odpowiedzialności karnej za złożenie fałszywego oświadczenia, oświadczam, że niniejsza praca dyplomowa została napisana przeze mnie samodzielnie i nie zawiera treści uzyskanych w sposób niezgodny z obowiązującymi przepisami prawa, w szczególności z ustawą z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (Dz. U. 2019 poz. 1231 z późn. zm.)

Oświadczam, że przedstawiona praca nie była wcześniej podstawą żadnej procedury związanej z nadaniem dyplomu lub uzyskaniem tytułu zawodowego.

Oświadczam, że niniejsza wersja pracy jest identyczna z załączoną wersją elektroniczną. Przyjmuję do wiadomości, że praca dyplomowa poddana zostanie procedurze antyplagiatowej.

Data

Podpis autora pracy

Streszczenie

Porównanie aplikacji frontendowych opartych na mikrofrontendach z tradycyjną architekturą monolityczną na przykładzie aplikacji do zarządzania finansami osobistymi

Tematem niniejszej pracy była implementacja i późniejsze porównanie frontendu dwóch wersji aplikacji do zarządzania finansami osobistymi w dwóch architekturach - mikrofrontendowej i monolitycznej. Praca składa się z części teoretycznej wprowadzającej w pojęcie mikroservisów i mikrofrontendów oraz części praktycznej porównującej obie implementacje pod względem metryk kodu, wydajności, kosztów obu rozwiązań oraz zarządzania projektem.

Słowa kluczowe – architektura rozproszona, mikroservisy, mikrofrontendy, architektura oprogramowania

Summary

Comparison of Microfrontend Applications and Monolith Frontend Applications Based on the Example of Expense Tracker

The subject of this thesis was to implement and compare frontend parts of expense tracker web application written in two different architectural concepts - monolith and microfrontends. The first part is an introduction to microservice and microfrontend concepts. The second one consists of a comparison of both application versions by terms of code metrics, performance, financial costs of both solutions and project management.

Keywords – distributed architecture, microservices, microfrontends, software architecture

Spis treści

1	Wprowadzenie do mikroserwisów	9
1.1	Architektura monolityczna	9
1.2	Architektura mikroserwisów	10
2	Mikrofrontendy	12
2.1	Wstęp	12
2.2	Dodatkowe ograniczenia względem mikroserwisów	14
2.2.1	Ograniczone zasoby obliczeniowe	14
2.2.2	Zasoby współdzielone	14
2.2.3	Arkusze stylów CSS	14
2.2.4	Komunikacja z backendem	14
2.2.5	Komunikacja między mikrofrontendami	14
2.3	Zmiany w architekturze względem mikroserwisów	14
2.4	Sposoby implementacji technicznej mikrofrontendów	14
2.4.1	Elementy <iframe>	15
2.4.2	Web Components	15
2.4.3	Module Federation	15
2.4.4	single-spa	15
2.4.5	Bit	15
2.4.6	Konfiguracja serwera używająca routingu	15
2.4.7	Systemjs	15
3	Funkcjonalność badanej aplikacji	16
4	Opis backendu projektu	17
4.1	Dobór technologii do projektu	17
4.2	Szablony projektów	18
4.3	Podział backendu na serwisy	18
4.3.1	Hosting plików - File Storage Service	18

4.3.2	Autoryzacja - Authorization Service	19
4.3.3	Zarządzanie użytkownikami - User Service	19
4.3.4	Zarządzanie rodzinami - Family Service	19
4.3.5	Logika domenowa - Transaction Service	19
5	Opis badanych frontendów	20
5.1	Dobór technologii do projektów	20
5.2	Wersja monolityczna	20
5.3	Wersja mikroserwisowa	20
6	Porównanie projektów frontendowych	21
6.1	Wersjonowanie kodu	21
6.2	Wydajność	21
6.3	Dostępność	21
6.4	Testowanie kodu	21
6.5	Zależności między modułami i projektami	21
6.6	Możliwości w zakresie zarządzania projektami	21
6.7	Skalowalność	21
6.8	Koszty ustawienia środowiska produkcyjnego	21
7	Podsumowanie	22
8	Bibliografia	23

1 Wprowadzenie do mikroservisów

1.1 Architektura monolityczna

Monolitem, bądź programem zaprojektowanym zgodnie z architekturą monolityczną nazywamy program uruchamiany w całości za pomocą jednego pliku wykonywalnego. W aplikacjach webowych taka architektura ma postać modelu trójwarstwowego. Na te warstwy składają się:

1. interfejs użytkownika składający się z dokumentów HTML, arkuszy stylu CSS oraz skryptów JS definiujących zachowanie interfejsu użytkownika,
2. warstwa API przygotowująca dane podawane do interfejsu użytkownika w celu pokazania go użytkownikowi,
3. warstwa dostępu do danych.

Taką strukturę trójwarstwową możemy opisać diagramem

Warstwa druga jest czasami pomijana przez twórców oprogramowania pozwalając interfejsowi użytkownika na bezpośredni dostęp do danych. Różnicą między nimi jest brak istnienia warstwy oddzielającej logikę biznesową od interfejsu użytkownika. Wtedy możemy mówić o *modelu dwuwarstwowym*. Wraz z rozwojem aplikacji w modelu dwuwarstwowym i trójwarstwowym oraz ciągłemu dopisywaniu do nich nowych funkcjonalności, kod tych aplikacji stawał się coraz bardziej nieczytelny, a zależności między fragmentami kodu okazywały się być zbyt rozwlekłe. Ponadto każda zmiana w oprogramowaniu powoduje konieczność zbudowania oraz wystawienia na środowisko produkcyjne kolejnej wersji oprogramowania, co przy dużych aplikacjach potrafi zabierać znaczącą ilość czasu. Utrudnia to też proces testowania oprogramowania, zarówno manualnie (ze względu na rosnącą ilość scenariuszy testowych) jak i automatycznie (ze względu na rosnący czas uruchomienia siatki testów). Zgodnie z prawem Conwaya, takie trudności odbijają się na sposobie zarządzania organizacją, która jest producentem oprogramowania. Zgodnie z [2] pojęcia *monolit* w odniesieniu do oprogramowania pierwotnie używała społeczność programistów systemu operacyjnego Unix. Programiści Unixa określali tak systemy, które stają się zbyt duże, by móc je komfortowo utrzymywać.

1.2 Architektura mikroserwisów

Trudności z utrzymaniem oprogramowania, które w obrębie jednego projektu zawiera ciągle rozrastającą się logikę, spowodowały konieczność zastosowania podziału kodu na mniejsze i jednocześnie prostsze w utrzymaniu części. Zaczęto więc do większych aplikacji stosować podział aplikacji na części będące usługami niezależnymi od pozostałych elementów systemu. Taką pojedynczą usługę nazywamy mikroserwisem.

Komunikacja między mikroserwisami zachodzi przy użyciu protokołów sieciowych neutralnych w ujęciu technologicznym takich jak HTTP. Podział aplikacji na serwisy pozwala na wykonywanie prac nad konkretnymi funkcjonalnościami aplikacji bez potencjalnego ryzyka naruszenia kodu odpowiedzialnego za inne funkcjonalności. Innymi zaletami tego rozwiązania są:

1. dowolność w zastosowaniu technologii - pozwala na użycie do każdej funkcjonalności zasobów technologicznych najlepiej odpowiadających danemu zadaniu,
2. stabilność - ewentualne problemy z aplikacją nie powodują zatrzymania całego systemu a jedynie konkretnego serwisu,
3. skalowalność - nowe funkcjonalności można dodawać poprzez dodanie nowych serwisów, a poszczególne serwisy można rozszerzać nie naruszając logiki innych serwisów.
4. wzrost dostępności usług - w razie, gdyby któryś z serwisów przestał działać, inne usługi nadal będą dostępne

Przedstawione zalety są znaczące nie tylko z punktu widzenia projektowania i tworzenia oprogramowania, ale też z punktu zarządzania projektami. Jasny podział projektu na niezależne od siebie części pozwala też na przyporządkowanie ludzi do zespołów mniejszych, ale ściśle skoncentrowanych na konkretnym wycinku wiedzy potrzebnym do realizacji danej funkcjonalności. Autonomiczność takich zespołów pozwala na zmniejszenie ilości potrzebnych kontaktów między zespołami w celu ustalenia rozwiązań problemów i dalszego przebiegu projektu. Pomaga to między innymi zmniejszyć ilość spotkań oraz skrócić te krytycznie potrzebne do realizacji projektu.

Pomimo wielu zalet, architektura mikroserwisowa nie jest wolna od wad. Pierwszą z nich są koszty infrastruktury potrzebnej do wdrożenia oprogramowania opartego na mikroserwisach. Aby spełnić postulat niezależności mikroserwisów od siebie, każdy oddzielny mikroserwis musi być postawiony na osobnym serwerze. W wyniku tego, zamiast zapłacić koszty utrzymania jednego serwera z lepszymi parametrami, zmuszeni

jesteśmy zreplikować poniesione koszty na każdy z istniejących mikroserwisów.

Rozrośnięcie się infrastruktury przy użyciu mikroserwisów zwiększa też zapotrzebowanie na ludzi zajmujących się na wsparciu developerów w zakresie konfiguracji infrastruktury (tzw. *inżynierowie DevOps*), a w przypadku zastosowania technologii chmurowych, również specjalistów w zakresie technologii chmurowych takich jak *Microsoft Azure*, *Google Cloud* oraz *Amazon Web Services*. Taka sytuacja również przyczynia się do zwiększenia kosztów związanych z oprogramowaniem w architekturze mikroserwisowej. Można jednak uznać ją za czynnik zmuszający firmy do rozwoju w zakresie R&D w celu ustalenia własnych standardów architektonicznych, które będą optymalne dla ich potrzeb biznesowych w zakresie realizacji mikroserwisów. Mimo to, czynniki kosztowe powodują, że wybór architektury mikroserwisowej do projektu może nie być optymalny dla małych i średnich projektów.

Mikroserwisy powodują też konieczność uzgodnienia konwencji między projektami w sprawach takich jak:

- postać wyjątków rzucanych przez serwisy,
- opis obiektów, które są częścią innych serwisów,
- sposób łączenia się między serwisami,
- autoryzacja i uwierzytelnianie,
- standard podziału kodu na projekty lub moduły.

Brak zgody między projektami w powyższych kwestiach może doprowadzić do nieporządku jeszcze większego, niż gdyby projekt był realizowany jako monolit. Ponadto, uporządkowana struktura projektu mikroserwisowego pozwala na replikowanie schematu na dowolną skalę, a co za tym idzie automatyzację procesu tworzenia nowych serwisów. Można to zrealizować na przykład za pomocą szablonów projektu aplikowanych do środowiska programistycznego, obrazów środowiska *Docker* lub idąc jeszcze dalej - odpowiednio ustawionym klastrze *Kubernetes*. Jednak przy sprostaniu tym wyzwaniom architektonicznym na etapie projektowania oprogramowania zyskamy dzięki mikroserwisom możliwość zarządzania projektem o dowolnej wielkości w sposób ściśle uporządkowany, jednocześnie zachowując dobrą jakość kodu źródłowego oraz łatwe dostosowanie projektu do potrzeb biznesowych i metodologii zwinnych zarządzania projektami.

2 Mikrofrontendy

2.1 Wstęp

Pomimo zastosowania mikroserwisów przy projektowaniu logiki backendowej części aplikacji, frontendowa część projektu pozostawała w przeszłości mniej rozbudowana. Głównym powodem był fakt, że logika obliczeniowa i biznesowa występowała po stronie backendu. Odciążało to część frontendową, co pozwalało na mniejsze jej rozbudowanie oraz ograniczenie rozwarstwienia frontendu w postaci monolitu. Jednak wraz z rozwojem technologicznym w zakresie webowych interfejsów użytkownika, objętość kodu frontendowego w widoczny sposób wzrosła. Na taki stan rzeczy, złożyło się wiele czynników takich jak:

- powstawanie coraz bardziej kreatywnych i szczegółowych efektów wizualnych,
- optymalizacja działania skryptów JavaScript,
- zwiększająca się dojrzałość i działalność programistów frontendu,
- rozwój frameworków strukturyzujących projekty frontendowe takich jak *Angular*, *React*, *Vue* (produkują one dziesiątki tysięcy linii kodu wynikowego).

Wszystkie te czynniki spowodowały potrzebę podzielenia kodu na pewnego rodzaju moduły. Z samym skutkiem w obrębie ilości i struktury kodu, najpopularniejsze frameworki radzą sobie wystarczająco dobrze, by używać tych rozwiązań w projektach komercyjnych. Najlepiej z tym problemem radzi sobie framework Angular, który proponuje programistom systemowy podział na moduły, oraz kilka propozycji na podziały niższego stopnia na struktury takie jak:

- component,
- service,
- guard,
- pipe
- i inne, rzadziej używane.

Jednak struktura organizacyjna całego projektu oprogramowania różni się znacząco po stronie backendu, jak i frontendu. Może to powodować różne nieścisłości organizacyjne oraz zwiększać liczbę zapytań wykonanych między członkami zespołu w celu uzgodnienia

szczegółów projektu. Zaczęto się więc rozglądać za sposobem organizacji pracy zespołu frontendowego takiego, żeby móc podzielić osoby pracujące nad projektem na zespoły w pełni skoncentrowane na konkretnych funkcjonalnościach. Takie podejście zwiększa autonomiczność zespołów. Takim sposobem okazało się być dostosowanie frontendowych części projektu do architektury mikroserwisowej. Zgodnie z diagramem (numer) można podzielić zespół programistów frontendu na funkcjonalne grupy dostosowane do wcześniej utworzonych podzespołów wśród innych specjalistów w zespole tak, aby wynikowe podzespoły były już w pełni skoncentrowane wobec wydzielonej partii wartości biznesowej według potrzeb biznesu.

Pojedynczą jednostkę funkcjonalną takiego podziału na frontendzie nazywamy *mikrofrontendem*, a w ogólności architekturę używającą takiego podziału nazywamy architekturą mikrofrontendową. Zgodnie z wynikami ankiety [11], 24.6% programistów biorących udział w ankiecie pracowało w 2021 roku w zespołach wykorzystujących w projekcie architekturę mikrofrontendową. Ponadto, według tej ankiety, 37.2% programistów biorących udział w ankiecie twierdzi, że w przeciągu dwóch następnych lat popularność koncepcji mikrofrontendów wzrośnie. Na podstawie tych statystyk można wnioskować, że pomysł rozszerzenia mikroserwisów na część frontendową przyjął się w dużej części organizacji oraz przede wszystkim, w świadomości programistów.

2.2 Dodatkowe ograniczenia względem mikroserwisów

2.2.1 Ograniczone zasoby obliczeniowe

2.2.2 Zasoby współdzielone

2.2.3 Arkusze stylu CSS

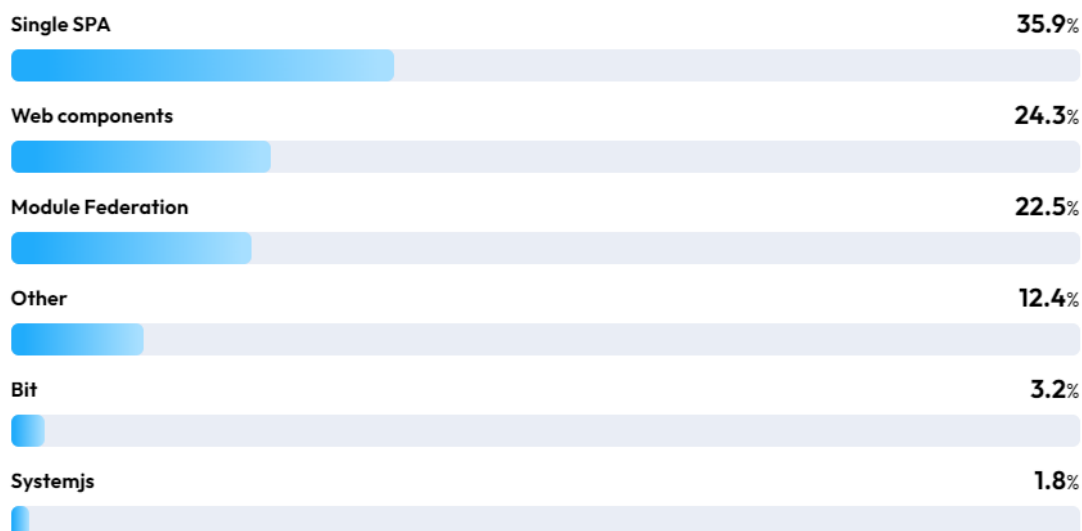
2.2.4 Komunikacja z backendem

2.2.5 Komunikacja między mikrofrontendami

2.3 Zmiany w architekturze względem mikroserwisów

2.4 Sposoby implementacji technicznej mikrofrontendów

Spółeczność programistów wypracowała kilka funkcjonalnych rozwiązań w zakresie implementacji mikrofrontendów. Procentowy odsetek popularności każdego z nich wśród programistów badanych w ankiecie [11], możemy zaobserwować na wykresie 2.1



Rysunek 2.1. Wykres procentowy popularności rozwiązań dla implementacji mikrofrontendów w 2022 roku (źródło: [11])

Dla każdego z nich istnieje zestaw zastosowań biznesowych dla których rozwiązanie nie będzie właściwe, ale będą istnieć też takie, dla których będą one właściwe. Każde z nich zostanie omówione dokładniej omówione w poniższych podsekcjach.

- 2.4.1 Elementy <iframe>**
- 2.4.2 Web Components**
- 2.4.3 Module Federation**
- 2.4.4 single-spa**
- 2.4.5 Bit**
- 2.4.6 Konfiguracja serwera używająca routingu**
- 2.4.7 Systemjs**

3 Funkcjonalność badanej aplikacji

Na potrzeby porównania obu architektur stworzona została aplikacja do zarządzania finansami osobistymi o roboczej nazwie Midas. W założeniu odbiorcami aplikacji mają być pojedyncze osoby lub gospodarstwa domowe, które chcą zadbać o kontrolę nad swoim budżetem domowym. Głównymi funkcjonalnościami aplikacji są:

- możliwość wykonywania operacji CRUD w zakresie informacji o wydatkach i przychodach poszczególnych użytkowników,
- system autoryzacji i uwierzytelniania spełniający aktualne normy w zakresie bezpieczeństwa aplikacji sieciowych,
- system uprawnień w obrębie rodziny (przykładowo użytkownik o roli rodzica może edytować transakcje na kontach dzieci, a dzieci nie mogą podglądać transakcji rodziców)
- przechowywanie paragonów i faktur w wersji elektronicznej i możliwość przypisania ich do konkretnej transakcji.

Podany zestaw funkcjonalności umożliwi wydzielenie kilku mikroservisów, co zapewni wystarczającą bazę do symulowania połączeń między serwisami. Wykonanie jej w architekturze ściśle mikroservisowej postanowi jednocześnie dobudować do tych mikroservisów poszczególne mikrofrontendy tak, aby stanowiły one razem pełnoprawne aplikacje komunikujące się między sobą. Z drugiej strony pozwoli to też dobudować monolityczny frontend, który będzie komunikował się ze wszystkimi serwisami. Dzięki takiemu posunięciu dla obu badanych projektów - monolitycznego oraz mikrofrontendowego, zapewnione będą jednolite warunki w zakresie komunikacji z backendem, co będzie stanowiło bazę do porównania obu koncepcji architektonicznych w zakresie wydajności i dostępności.

4 Opis backendu projektu

4.1 Dobór technologii do projektu

Do zrealizowania tej części projektu został wykorzystany język C# oraz środowisko .NET. Użyto środowiska .NET w wersji 6.0, która jest jednocześnie najnowszą dostępną wersją LTS (Long Term Support). Wspomniane technologie są dobrym wyborem do realizacji mikroservisów ze względu na:

- użycie paradygmatu programowania obiektowego i będący jego częścią polimorfizm, który sprzyja replikacji pojedynczego wzorca mikroservisów,
- będący częścią środowiska .NET framework ASP.NET realizujący architekturę REST przy niewielkim narzucie w ilości kodu,
- istnienie wielu gotowych klas i modeli realizujących podstawowe funkcje sieciowe takie jak autoryzacja i autentykacja, komunikacja z bazą za pomocą Entity Framework,
- generator NSwag służący do generowania klas w językach C# oraz TypeScript reprezentujących metody kontrolerów poszczególnych mikroservisów wykonanych w ASP.NET.

Środowiska mikroservisowe są de facto oddzielnymi serwisami działającymi jednocześnie i pobierającymi dostępne zasoby. Do celów testów lokalnych na komputerze programisty zachodzi więc potrzeba zastosowania rozwiązania, które zminimalizuje użycie zasobów komputera tak, aby jednocześnie jak zachować wierność odwzorowania środowiska z wieloma serwerami. W celu osiągnięcia takiego efektu, zostało użyte oprogramowanie Docker służące do konteneryzacji środowisk. Za jego pomocą, używając specjalnych plików nazywanych obrazami można tworzyć kontenery, którym Docker przydziela zasoby w czasie rzeczywistym tak, aby zoptymalizować ich użycie. Razem z narzędziem Docker, użyto też narzędzia *docker-compose*, które umożliwia uruchomienie wielu kontenerów Dockera za pomocą pojedynczego skryptu.

Opisane technologie mogą też być komfortowo używane w połączeniu z oprogramowaniem Docker służącym do konteneryzacji. Producent środowiska .NET, Microsoft udostępnił w serwisie Docker Hub obraz środowiska .NET z ustawionym frameworkiem ASP.NET oraz połączeniem z bazą SQL Server. Pozwala to na skorzystanie z gotowego środowiska, które jest konfigurowalne za pomocą pliku konfiguracyjnego o

nazwie Dockerfile.

4.2 Szablony projektów

W celu zapewnienia skalowalności oraz łatwego tworzenia nowych serwisów, na potrzeby projektu opracowano dwa szablony projektu - zawierający wstępną autentykację użytkownika poprzez sprawdzanie zawartości nagłówka HTTP oraz taki, który jej nie zawiera.

Najważniejszą cechą tych szablonów jest możliwość szybkiego ustawienia nowego rozwiązania Visual Studio zawierającego ustawienia dla testów jednostkowych i integracyjnych aplikacji, ustawienia plików Dockerfile i *docker-compose.yml*, oraz ściśle określonego rozłożenia projektów w rozwiązaniu. Zapewnia to spójność kodu w zakresie całej aplikacji. W przypadku, gdyby nad kodem pojedynczego serwisu pracowało kilku programistów, mają oni ściśle narzuconą przez szablon strukturę kodu i podstawowa jego struktura zostanie zachowana. To z kolei powoduje, że wynikowo mimo tego, że nad poszczególnymi serwisami pracują różne osoby, ich struktura jest w dużym stopniu podobna. Ma to wiele zalet w zakresie zarządzania projektami, przykładowo:

- pozwala na szybszą aklimatyzację programistów przenoszonych między projektami, bądź takich, których rola w zespole pomaga na wsparciu istniejących projektów,
- przyspiesza czas tworzenia nowych funkcjonalności oprogramowania,
- czas poświęcany na odtwórcze powtarzanie realizacji wzorca można poświęcić na ważniejsze czynności takie jak redukcja długu technologicznego, zwiększanie pokrycia testami, itd.

4.3 Podział backendu na serwisy

Logika backendowa aplikacji została podzielona według funkcjonalności na serwisy opisane w poniższych podsekcjach.

4.3.1 Hosting plików - File Storage Service

Serwis z hostingiem plików odpowiada za przechowywanie wszystkich plików przekazanych aplikacji przez użytkownika. Są to między innymi zdjęcia profilowe użytkowników oraz pliki z dowodami wykonania transakcji przypisanych do konkretnych transakcji w ramach logiki domenowej. Serwis hostingu plików pozwala też na pobranie

samego pliku o znanym identyfikatorze UUID oraz pobranie informacji o umieszczeniu pliku oraz konkretnych pobrań pliku.

4.3.2 Autoryzacja - Authorization Service

Serwis odpowiada za autoryzację użytkowników oraz operacje związane z użytkownikami, które wymagają zachowania ostrożności pod kątem bezpieczeństwa aplikacji - tworzenie konta, logowanie do konta w aplikacji Midas, zmiana hasła. W tym serwisie przy logowaniu powstaje token JWT, który zapisany w ciasteczkach krąży po innych serwisach przekazywany przez nagłówek *Authorization* w zapytaniu HTTP.

4.3.3 Zarządzanie użytkownikami - User Service

Serwis odpowiada za przechowywanie oraz umożliwienie dostępu do informacji o użytkownikach. Obsługuje on też logikę związaną z kontami użytkowników, które nie wymagają zachowania szczególnej ostrożności w zakresie bezpieczeństwa aplikacji. Przykładem takiej operacji może być zmiana zdjęcia profilowego użytkownika.

4.3.4 Zarządzanie rodzinami - Family Service

Serwis odpowiada za przypisanie użytkowników do rodzin, których są członkami. Odpowiada też częściowo za uwierzytelnianie użytkownika - z tego serwisu pochodzą dane na temat tego, czy dany użytkownik ma wystarczające uprawnienia do edytowania danych dla swojej rodziny (ze względu na rolę przypisaną w systemie).

4.3.5 Logika domenowa - Transaction Service

Serwis ma za zadanie realizację operacji CRUD na transakcjach finansowych. Takimi operacjami może być wpisanie nowego wydatku do listy, usunięcie go z listy, pobranie listy wydatków w zależności do konkretnych parametrów (np. kategoria, czas, osoba z rodziny), dodanie pliku z dowodem wykonania transakcji.

5 Opis badanych frontendów

5.1 Dobór technologii do projektów

Do realizacji mikrofrontendów użyto biblioteki *single-spa*. Wspiera ona wszystkie najpopularniejsze frameworki do tworzenia aplikacji frontendowych. W badanych projektach użyto frameworka Angular ze względu na to, że najlepiej nadaje się do tworzenia dużych skalowalnych aplikacji. Ta cecha pozwoli utrzymać w ryzach potencjalnie rozwlekłą strukturę monolitycznej wersji projektu. W celu zapewnienia jak najmniejszych różnic technologicznych w projektach o różnej architekturze, wersja mikrofrontendowa będzie również używać frameworka Angular.

Do komunikacji z serwisami backendowymi, dla obu projektów użyto klas serwisów wygenerowanych przez generator NSwag. Będzie to działało tak jak w przypadku klas w języku C# generowanych na potrzeby komunikacji między serwisami backendowymi. Różnica będzie tu jedynie taka, że te klasy będą gotowymi klasami w języku TypeScript dostosowanymi do użycia we frameworku Angular.

Ze względu na to, że walory estetyczne nie są istotne w zakresie rozważań nad mikrofrontendami, użyto gotowej biblioteki z elementami wizualnymi o nazwie *angular-material*.

5.2 Wersja monolityczna

5.3 Wersja mikroserwisowa

6 Porównanie projektów frontendowych

6.1 Wersjonowanie kodu

6.2 Wydajność

6.3 Dostępność

6.4 Testowanie kodu

6.5 Zależności między modułami i projektami

6.6 Możliwości w zakresie zarządzania projektami

6.7 Skalowalność

6.8 Koszty ustawienia środowiska produkcyjnego

7 Podsumowanie

8 Bibliografia

- [1] Martin Fowler. *Micro frontends*. Czerwiec 2019.
URL: <https://martinfowler.com/articles/micro-frontends.html>.
- [2] Martin Fowler. *Microservices*.
URL: <https://martinfowler.com/articles/microservices.html>.
- [3] Michael Geers. *Micro frontends*. Sierpień 2017.
URL: <https://micro-frontends.org/>.
- [4] Michael Geers. *Micro frontends in action*.
Shelter Island, Nowy Jork: Manning Publications Co., 2020. ISBN: 9781617296871.
- [5] L. Mezzalira. *Building Micro-Frontends*. O'Reilly Media, 2021.
ISBN: 9781492082941.
URL: <https://books.google.pl/books?id=MjpPEAAAQBAJ>.
- [6] Luca Mezzalira. *Adopting a micro-frontends architecture*. Kwiecień 2019.
URL: <https://medium.com/dazn-tech/adopting-a-micro-frontends-architecture-e283e6a3c4f3>.
- [7] Luca Mezzalira. *Micro-frontends, the future of Frontend Architectures*.
Kwiecień 2019. URL: <https://medium.com/dazn-tech/micro-frontends-the-future-of-frontend-architectures-5867ceded39a>.
- [8] Andrey Pavlenko i in.
“Micro-frontends: application of microservices to web front-ends.”
W: *J. Internet Serv. Inf. Secur.* 10.2 (2020), s. 49–66.
- [9] *single-spa*. URL: <https://single-spa.js.org/>.
- [10] Olaf Sulich. *Fundamenty Architektury Mikrofrontendowej*. Październik 2022.
URL: <https://frontlive.pl/blog/fundamenty-architektury-mikrofrontendowej>.
- [11] *The State of Frontend 2022*. Maj 2022. URL:
<https://tsh.io/state-of-frontend/?fbclid=IwAR1NoxwAAX5qTprLKijm4k-LBFWaQny3j3F7XIGTgWZRBpyYjQDb7bnq5DQ#report>.

- [12] Caifang Yang, Chuanchang Liu i Zhiyuan Su.
“Research and Application of Micro Frontends”. W: *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering* 490 (kwiecień 2019), s. 062082.
DOI: 10.1088/1757-899x/490/6/062082.
URL: <https://doi.org/10.1088/1757-899x/490/6/062082>.

Wyrażam zgodę na udostępnienie mojej pracy w czytelniach Biblioteki SGGW w tym w Archiwum Prac Dyplomowych SGGW.

.....
(czytelny podpis autora pracy)

