



Akademia Górniczo-Hutnicza im. Stanisława Staszica w Krakowie

Wydział Elektrotechniki, Automatyki, Informatyki i Inżynierii Biomedycznej

Projekt dyplomowy inżynierski

Aplikacja mobilna optymalizująca zakupy książek w serwisie allegro.pl
Mobile application to optimize the process of book shopping at allegro.pl

Autor:	<i>Miłosz Szwedo</i>
Kierunek studiów:	<i>Informatyka</i>
Opiekun pracy:	<i>dr inż. Mirosław Gajer</i>

Kraków, 2020

Upředzony o odpowiedzialności karnej na podstawie art. 115 ust. 1 i 2 ustawy z dnia 4 lutego 1994 r. o prawie autorskim i prawach pokrewnych (t.j. Dz.U. z 2006 r. Nr 90, poz. 631 z późn. zm.): „Kto przywłaszcza sobie autorstwo albo wprowadza w błąd co do autorstwa całości lub części cudzego utworu albo artystycznego wykonania, podlega grzywnie, karze ograniczenia wolności albo pozbawienia wolności do lat 3. Tej samej karze podlega, kto rozpowszechnia bez podania nazwiska lub pseudonimu twórcy cudzy utwór w wersji oryginalnej albo w postaci opracowania, artystycznego wykonania albo publicznie zniekształca taki utwór, artystyczne wykonanie, fonogram, wideogram lub nadanie.”, a także upředzony o odpowiedzialności dyscyplinarnej na podstawie art. 211 ust. 1 ustawy z dnia 27 lipca 2005 r. Prawo o szkolnictwie wyższym (t.j. Dz. U. z 2012 r. poz. 572, z późn. zm.): „Za naruszenie przepisów obowiązujących w uczelni oraz za czyny uchylające godności studenta student ponosi odpowiedzialność dyscyplinarną przed komisją dyscyplinarną albo przed sądem koleżeńskim samorządu studenckiego, zwanym dalej «sądem koleżeńskim».”, oświadczam, że niniejszą pracę dyplomową wykonałem(-am) osobiście i samodzielnie i że nie korzystałem(-am) ze źródeł innych niż wymienione w pracy.

Serdecznie dziękuję mojemu promotorowi, bez którego praca ta nie miałaby szansy powstać.

Spis treści

1. Wprowadzenie	7
1.1. Temat pracy	7
1.2. Motywacja	8
1.3. Cele pracy	8
1.4. Zawartość pracy	9
2. Projekt aplikacji	11
2.1. Architektura	11
2.1.1. Hypertext Transfer Protocol	11
2.2. Auth service	13
2.2.1. JSON Web Token	13
2.2.2. Autoryzacja, a autentykacja	14
2.3. Gateway	14
2.4. OffersFetcher	15
2.5. Zewnętrzne API	16
2.5.1. REST API	17
2.6. Baza danych	17
2.6.1. Bazy relacyjne	18
2.6.2. Bazy nierelacyjne	18
2.6.3. Porównanie	19
2.7. Aplikacja mobilna	20
2.7.1. Przystępność produktu	20
3. Implementacja	23
3.1. Metodyka pracy	23
3.1.1. Version Control System	23
3.1.2. Organizacja zadań	23

3.2. Wybór technologii.....	25
3.2.1. Express	25
3.2.2. React Native.....	25
3.3. Wielowątkowe tworzenie ofert.....	26
3.4. Autoryzacja użytkownika w Allegro API.....	27
3.5. MongoDB Cloud	30
3.6. Wdrożenie	30
4. Interfejs	33
4.1. Logowanie i rejestracja	34
4.2. Ekrany bibliotek	34
4.3. Ekran z ofertami.....	36
4.4. Opcje	38
5. Podsumowanie	39
5.1. Wnioski.....	39
5.2. Możliwe rozszerzenia i usprawnienia.....	40

1. Wprowadzenie

Poniższa praca prezentuje projekt i wykonanie systemu składającego się z kilku osobno zaimplementowanych serwisów połączonych w aplikacji mobilnej. Stawia on sobie na cel ułatwienie oraz usprawnienie kompletowania domowej biblioteki poprzez analizę ofert sprzedawców na platformie aukcyjnej Allegro.pl.

1.1. Temat pracy

Tematem pracy jest aplikacja mobilna napisana w frameworku React Native, która deleguje potrzebne funkcjonalności do zewnętrznych serwisów. Jej architekturę określić można jako rozproszoną, stąd możliwym jest rozbudowywanie poszczególnych usług niezależnie od innych. Dzięki takiemu podejściu podczas rozwijania systemu, jego twórca nie musi panicznie martwić się o zasoby platformy i ograniczać na tej podstawie tworzonych funkcjonalności. Dodatkowo, pojedyncze elementy struktury mogą być zaimplementowane w dowolnym języku.

Sam system zajmuje się analizą dostępnych ofert książek na stronie Allegro.pl. Ma to na celu optymalizację zakupów, których zamierzeniem jest wejście w posiadanie jak największej ilości poszukiwanych książek po możliwie najniższym koszcie.

Jako wynik dostarczana jest kolekcja o charakterze klucz-wartość, gdzie kluczem jest sprzedawca na platformie aukcyjnej Allegro.pl, a wartością zbiór książek, które posiada on w swojej ofercie, a które znajdują się jednocześnie na liście szukanych przez użytkownika pozycji.

1.2. Motywacja

Pomysł na stworzenie tego typu aplikacji powstał podczas przeszukiwania serwisu Allegro.pl w celu znalezienia interesujących wtedy, dla autora tej pracy, książek. Problem jaki został napotkany polegał na tym, że w momencie skompletowania zestawu artykułów, okazało się, że ceny wysyłek znacząco podwyższają finalną cenę zamówienia. Najlepszym rozwiązaniem zdawało się znalezienie ofert jednego sprzedawcy, dzięki czemu za transport zapłaconoby raz. Niestety, na wspomnianej platformie aukcyjnej, użytkowników mających w swojej ofercie książki jest sporo. Analizowanie wszystkich przedmiotów u wszystkich ich posiadaczy wymaga poważnej ilości czasu, którego poświęcenie mogłoby ostatecznie okazać się niezbyt opłacalne. Niestety, dostępne na rynku aplikacje nie realizują w sposób satysfakcjonujący funkcjonalności, które rozwiązywałyby napotkany problem.

1.3. Cele pracy

1. Przygotowanie schematu architektury systemu
2. Implementacja poszczególnych serwisów
3. Dostarczenie aplikacji, która:
 - Daje możliwość zarejestrowania, zalogowania oraz wylogowania
 - Ma zabezpieczone zasoby
 - Jest chroniona przed nieautoryzowanym dostępem
 - Posiada osobny serwis służący do autoryzacji i autentykacji
 - Umożliwia zapisywanie list książek powiązanych z użytkownikiem w zewnętrznej bazie danych
 - Asynchronicznie pobiera dane i przelicza oferty prezentowane użytkownikowi
 - Wizualizacje danych przedstawia w postaci przyjaznej dla odbiorcy
 - Jej część mobilną charakteryzuje płynność, przez co użytkownik nie doświadcza nieprzyjemności związanych z jej obsługą

1.4. Zawartość pracy

W rozdziale *Wprowadzenie* omówiono temat pracy oraz motywacje jakie stoją za implementacją tego konkretnego rozwiązania. Wspomniano o braku gotowych aplikacji realizujących zadane funkcjonalności oraz wylistowano cele jakie stawia sobie poniższa praca. W rozdziale 2 omówiono szczegółowo sprawy związane z architekturą systemu. Przedstawiono podejście jakim kierowano się w procesie rozwijania produktu. Załączony został schemat, w celu wizualizacji struktury systemu. W kolejnych podrozdziałach opisano funkcje poszczególnych serwisów, starając się nakreślić cechy niektórych ich aspektów oraz wytłumaczyć ważniejsze pojęcia. Przeanalizowane zostały różne podejścia do tworzenia oprogramowania a także wartości, które pozytywnie mogłyby wpłynąć na końcowy odbiór produktu.

Na początku rozdziału *Implementacja* zawarty jest podrozdział traktujący o wykorzystanej metodyce pracy, która umożliwiła przejrzyste zorganizowane zadań i kontrolę postępów. Następnie opisane zostały technologie, użyte w implementacji usług realizujących zadane funkcjonalności. Omówiono również bliżej niektóre rozwiązania, które autor pracy uznał za szczególnie warte wspomnienia. W ostatnim podrozdziale znalazły się informacje na temat wdrożenia poszczególnych elementów systemu.

W rozdziale 4 opisane zostały poszczególne ekrany aplikacji mobilnej z uwzględnieniem funkcjonalności dostępnych z punktu widzenia użytkownika.

W ostatnim, 5 rozdziale zawarte jest podsumowanie wykonanej pracy oraz zaprezentowane są możliwe udoskonalenia systemu.

2. Projekt aplikacji

W rozdziale tym zawarte są informacje o architekturze projektowanego systemu. Jego złożona budowa rozłożona została na części bardziej elementarne w celu przedstawienia istoty rozwiązania problemu jaki stawia sobie niniejsza praca.

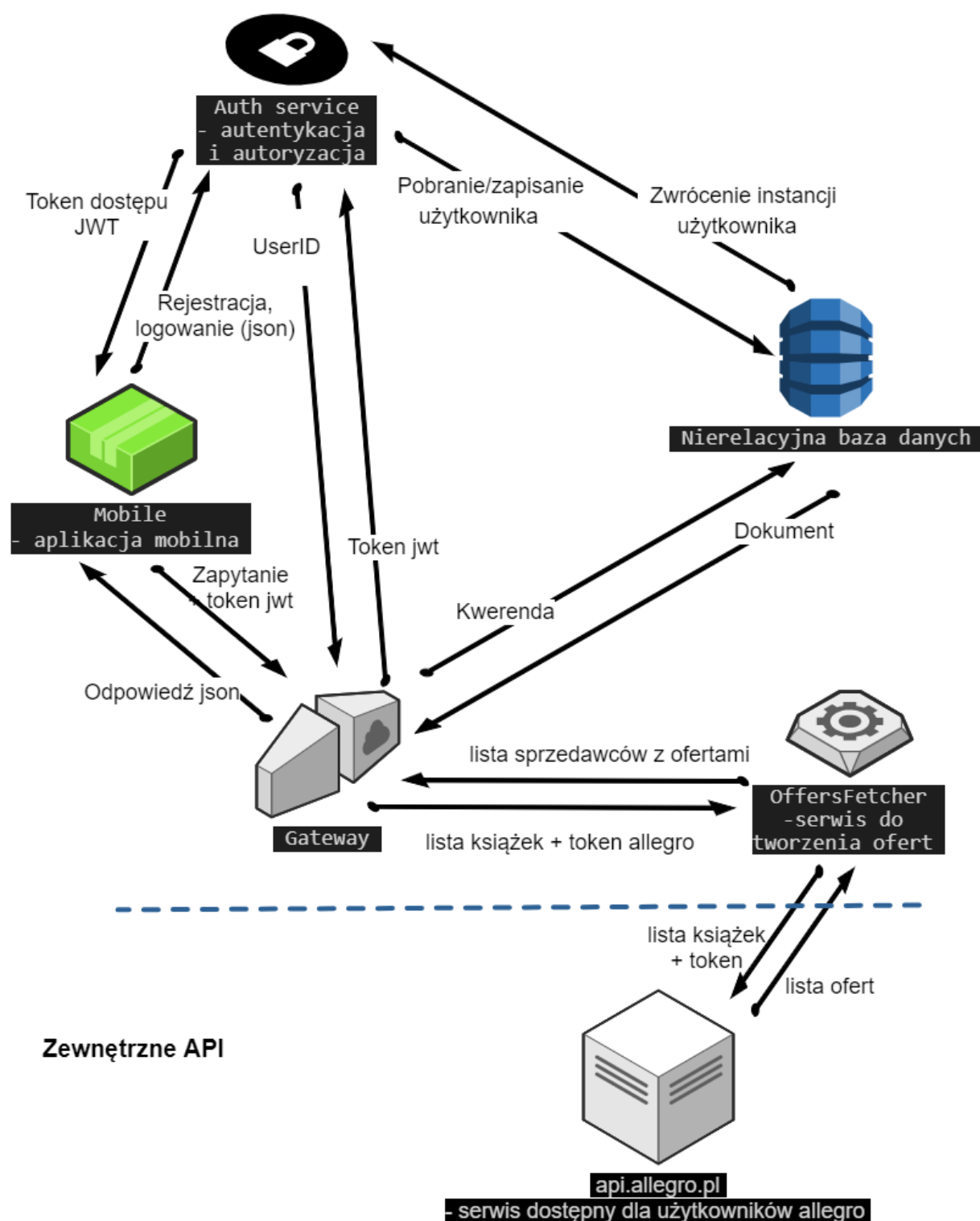
2.1. Architektura

Architektura aplikacji składa się z części mobilnej oraz czterech serwisów, z czego każdy występuje jako autonomiczna aplikacja z którą porozumiewanie odbywa się za pomocą protokołu HTTP. Warstwa prezentacyjna, porozumiewając się z pozostałymi serwisami zapewnia użytkownikowi płynną interakcję z systemem. Dzięki takiej strukturze każda składowa część aplikacji może być niezależnie zarządzana. W sytuacji w której, pojedyncza usługa jest wyłączona, sama aplikacja może dalej działać, brak jej będzie jedynie funkcjonalności niedostępnego aktualnie serwisu.

Takie podejście można określić mianem zorientowanym na usługi. Oznacza to, że przy tworzeniu systemu, spory nacisk kładziony jest na definiowanie rozdzielnych usług. Mają one za zadanie spełniać określone wymagania użytkownika. Takie usługi są elementami oprogramowania zdolnymi do niezależnego funkcjonowania. Udostępniają realizowane funkcje poprzez zdefiniowany interfejs.

2.1.1. Hypertext Transfer Protocol

HTTP, czyli “Protokół Przesyłania Danych Hipertekstowych to protokół warstwy aplikacji, odpowiedzialny za transmisję dokumentów hipermedialnych, jak np. HTML. Został stworzony do komunikacji pomiędzy przeglądarkami, a serwerami webowymi, ale może być używany również w innych celach. HTTP opiera się na klasycznym modelu klient-serwer, gdzie klient inicjuje połączenie poprzez wysłanie żądania, następnie czeka na odpowiedź. HTTP jest protokołem bezstanowym, co oznacza, że serwer nie przechowuje żadnych danych (stanów) pomiędzy obydwooma żądaniami. (...)“ [1]



Rys. 2.1. Struktura systemu

Źródło: Opracowanie własne z użyciem narzędzia

<https://www.draw.io/>

2.2. Auth service

Auth service dba o zachowanie bezpieczeństwa w całym systemie. Poprzez ekstrakcję funkcjonalności związanej z tworzeniem kont, logowaniem oraz zarządzaniem dostępem do pozostałych sektorów, dostarcza możliwość autentykacji i autoryzacji użytkownika pragnącego korzystać z aplikacji. Informacje o kontach użytkowników przechowywane są w bazie danych, do której dostęp uzyskać można tylko za pomocą wygenerowanego przez nią, wewnętrznego klucza. Same hasła użytkowników są przechowywane w postaci ciągu znaków powstałego po zastosowaniu do wejściowego napisu funkcji hashującej, czyli algorytmu szyfrującego jednostronnie.

W celu swobodnego użytkowania aplikacji należy uzyskać JWT(JSON Web Token). Aby pozyskać token należy się zarejestrować lub zalogować w aplikacji mobilnej. Zapytanie utworzone w ten sposób zostanie wysłane do Auth service. W odpowiedzi na nie, przesłany zostanie wyżej wymieniony klucz dostępowy.

2.2.1. JSON Web Token

JSON Web Token to otwarty standard, który definiuje kompaktowy i samodzielny sposób na bezpieczny transfer danych. Poszczególne instancja składa się z trzech części oddzielonych kropkami w bezpośrednim formacie `xx.x.y.yy.zz.z`, gdzie poszczególne człony reprezentują: [2]

1. Header - nagłówek, zawierający dwie informacje:
 - typ tokenu, w tym przypadku "JWT"
 - rodzaj algorytmu szyfrującego(n.p. HMAC, SHA256 lub RSA)
2. Payload - lista wyrażen opisujących szyfrowaną informację, w przypadku instancji użytkownika - może to być jego login, czy email
3. Signature - podpis stworzony poprzez zaszyfrowanie podanym w nagłówku algorytmem szyfrującym ciąg składającego się kolejno z:
 - zakodowanego za pomocą Base64 (specjalnego kodowania transportowego) nagłówka i listy wyrażen
 - sekretu, czyli klucza unikalnego dla konkretnych danych

```
eyJhbGciOiJIUzI1NiIsInR5cCI6IkpXVCJ9.  
eyJzdWIiOiIxMjM0NTY3ODkwIiwibmFtZSI6IkpvaG4  
gRG91IiwiaXNTb2NpYWwiOnRydWV9.  
4pcPyMD09o1PSyXnrXCjTwXyr4BsezdI1AVTmud2fU4
```

Rys. 2.2. Przykładowy token jwt

Źródło: <https://jwt.io/introduction/>

2.2.2. Autoryzacja, a autentykacja

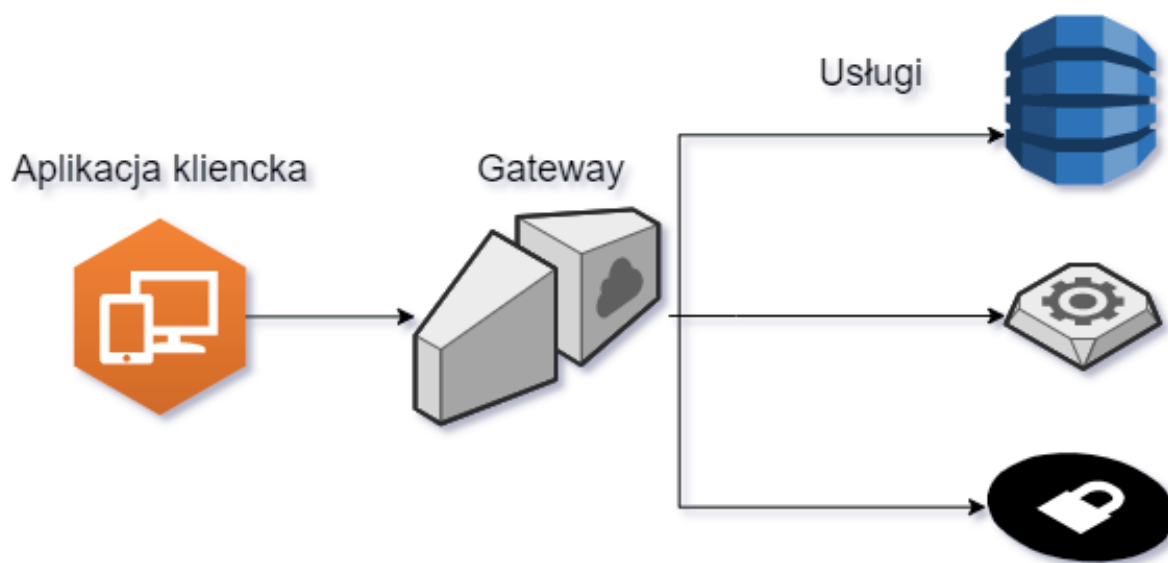
Warto implicite rozróżnić dwa bardzo ważne pojęcia związane z bezpieczeństwem aplikacji.

Autentykacja, często też rozważana w dwóch kolejnych częściach składowych - jako identyfikacja i uwierzytelnienie. Polega na potwierdzeniu tożsamości, to znaczy określeniu, czy podmiot procesu jest tym za kogo się podaje. Na przypadku logowania: strona ufająca otrzymuje od użytkownika login i hasło. Na tej podstawie stwierdza, czy użytkownik może być pozytywnie zweryfikowany.

Autoryzacja to potwierdzenie, czy dany użytkownik jest uprawniony do skorzystania z konkretnego zasobu. Na tym etapie autentykacja została ewaluowana pozytywnie. Nie oznacza to jednak, że dany podmiot posiada dostęp w żądanym zakresie.

2.3. Gateway

Gateway to serwis zbudowany według podejścia zwanego wzorcem bramy interfejsu API [3]. Jest to element znajdujący się pomiędzy klientem a rozproszonymi usługami. Dzięki temu w prosty sposób można kontrolować wszelkie zapytania skierowane do poszczególnych serwisów. Jest to więc centralny punkt systemu, który ma na celu uproszczenie komunikacji warstwy prezentacyjnej z poszczególnymi usługami. Każde zapytanie wysłane do bramy zostaje zweryfikowane pod względem bezpieczeństwa. Następnie w zależności od potrzeb, modyfikowane lub bezpośrednio przesyłane dalej.



Rys. 2.3. Gateway - schemat

Źródło: Opracowanie własne z użyciem narzędzia
<https://www.draw.io/>

2.4. OffersFetcher

OffersFetcher to główna jednostka licząca w systemie. Usługa ta otrzymuje żądanie z listą książek oraz token dostępowy do REST API portalu Allegro.pl (2.5). Dla każdej książki wykonywane jest odpowiednio zmodyfikowane zapytanie, którego rezultat jest przetwarzany i odkładany do kolekcji, aby na koniec zostać wkomponowanym w wynikowy rezultat. Analizowane są wszystkie, obecnie dostępne w czasie rzeczywistym oferty sprzedaży w serwisie Allegro.pl. Dane otrzymane w ten sposób są przetwarzane i grupowane po unikalnym identyfikatorze sprzedawcy. Serwis zwraca odpowiedź w postaci listy zbiorów przedmiotów, które wpisują się w pozycje otrzymane w zapytaniu. W celu optymalizacji czasu w którym przygotowana zostaje odpowiedź, pobieranie danych oraz obliczenia wykonywane są asynchronicznie, co znacznie przyspiesza proces generowania wyników.

```

{
  "books": [
    {
      "_id": "0",
      "writer": "Kurt Vonnegut",
      "title": "Recydywista",
      "price": 20
    },
    {
      "_id": "3",
      "writer": "Lem",
      "title": "Solaris",
      "price": 20
    },
    {
      "_id": "10",
      "writer": "Ernest Hemingway",
      "title": "Komu bije dzwon",
      "price": 15
    }
  ],
  "seller": {
    "seller_id": "13994849",
    "lowestPriceDelivery": 5.9,
    "total": 17.0
  },
  "bookResult": [
    {
      "auction_id": "8801019370",
      "imageUrl": [
        {
          "url": "https://a.allegroimg.com/(...)"
        }
      ],
      "auctionName": "Lem Stanisław - Solaris",
      "writer": "Lem",
      "bookTitle": "Solaris",
      "priceAmount": 10.0
    },
    {
      "auction_id": "8748248951",
      "imageUrl": [
        {
          "url": "https://a.allegroimg.com/(...)"
        }
      ],
      "auctionName": "Kurt Vonnegut - Recydywista",
      "writer": "Kurt Vonnegut",
      "bookTitle": "Recydywista",
      "priceAmount": 7.0
    }
  ]
}

```

Rys. 2.4. Poszukiwane książki i bazująca na nich przykładowa oferta

Źródło: Opracowanie własne

2.5. Zewnętrzne API

Źródłem danych dla ofert tworzonych w serwisie OffersFetcher (2.4) jest Allegro REST API udostępnione przez Allegro.pl, czyli platformę transakcyjną on-line przedsiębiorstwa Allegro.pl. Portal ten umożliwia użytkownikom wystawianie na sprzedaż posiadanych przez nich przedmiotów oraz na korzystanie z ofert innych sprzedawców. Początkowo innym, alternatywnym rozwiązaniem miało być pobieranie całych stron HTML po uprzednim sfabrykowaniu URI, tak aby pasowało do zadanej pozycji. Następnie taki plik tekstowy miałyby być przeszukiwane wyrażeniami regularnymi w celu ekstrakcji szukanych informacji. Z racji jednak na dość niestabilny i zasobochłonny charakter, wybrano korzystanie z gotowego źródła danych w postaci dostarczonego API.

“Allegro REST API działa w oparciu o protokół HTTP (...) Autoryzacja realizowana jest w standardzie OAuth2.” [4]

2.5.1. REST API

(**RE**presentational **S**tate **T**ransfer) to styl architektury oprogramowania w którym dane i funkcjonalności są odzwierciedlone poprzez Ujednolicone Identyfikatory Zasobów (w skrócie URI). Termin ten został stworzony przez Roya Fieldinga w 2000 roku. Dostęp uzyskiwany jest poprzez proste i jasno zdefiniowane operacje. Istnieje pięć obowiązkowych ograniczeń, które dokładnie definiują charakter tego podejścia:

- bezstanowość - każde zapytanie do serwera powinno zawierać wszystkie informacje potrzebne do jego zrozumienia.
- użycie buforownia podręcznego - jeżeli dane są lokalnie przechowywane, należy o tym bezpośrednio poinformować.
- system warstwowy - istnieje możliwość użycia wielu komponentów do poszczególnych funkcjonalności, które razem stanowią jedno API. Klient przeważnie nie jest w stanie określić, czy jego połączenie jest realizowane z serwerem końcowym czy którymś z pośredników.
- rozdział klienta od serwera - obie części powinno się być w stanie rozwijać osobno i niezależnie. Klient powinien jedynie znać URI, które może odpytywać.
- ujednolicony interfejs - należy deterministycznie zdefiniować i nie zmieniać adresów pod którymi dostępne będą zasoby.

[5]

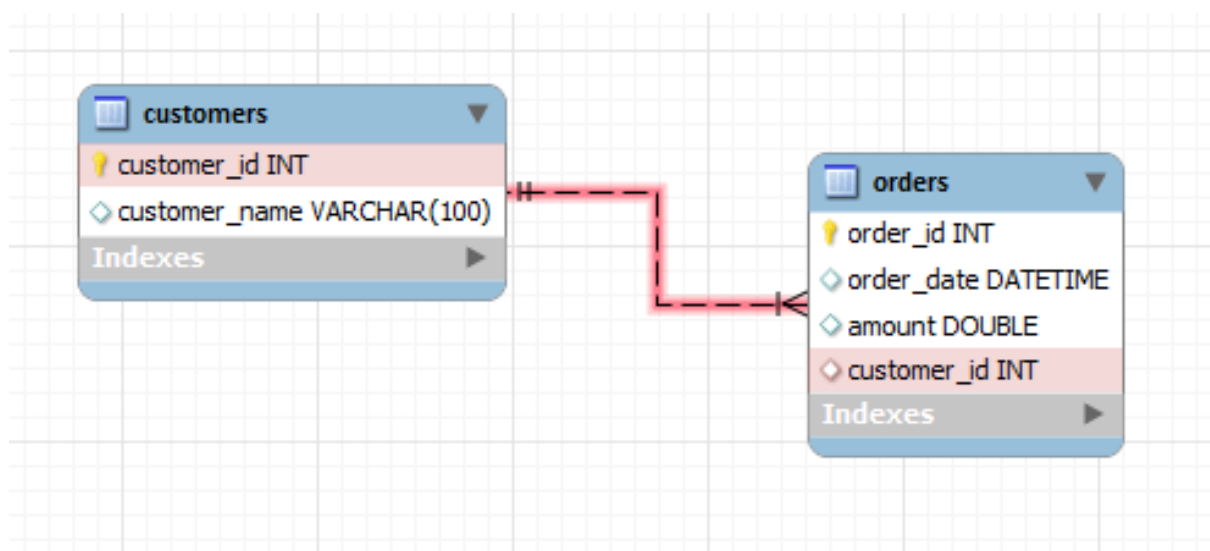
2.6. Baza danych

Warstwa persystencyjna jako osobny i niezależny serwis ma zadanie przetrzymywać dane użytkowników aplikacji. Jest to ogromnie ważny element systemu, którego działanie niezbędne jest na przykład dla Auth service (2.2). Wykorzystuje on go ze względu na posiadane informacje, które używane są w celu autoryzacji i autentykacji. Oprócz danych dostępowych, dla każdego klienta przechowywane są również zbiory książek - posiadanych i poszukiwanych.

Istniejące aktualnie, złożone bazy danych można podzielić ze względu na struktury organizacji danych jakie stosują do ich przechowywania. Są to kolejno relacyjne, obiektowe, relacyjno-obiektowe, strumieniowe, temporalne, nierelacyjne (NoSQL).

2.6.1. Bazy relacyjne

Najczęściej spotykane są nadal bazy relacyjne, gdzie dane występują pod postacią powiązanych wzajemnie ze sobą tabel. Stosują one wewnętrzne języki programowania (wykorzystujące zwykle język SQL), służące do wykonywania zaawansowanych operacji.



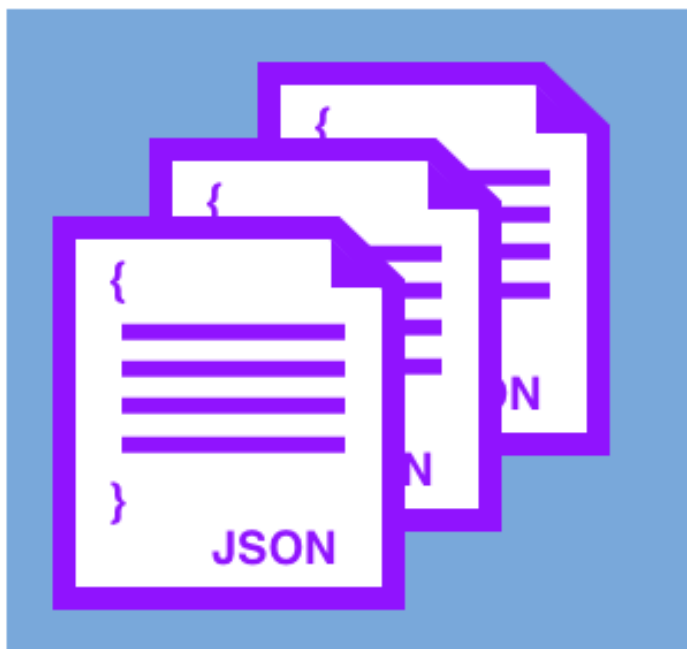
Rys. 2.5. Przykład dwóch tabel i relacji pomiędzy nimi

Źródło: *code.tutsplus.com*

2.6.2. Bazy nierelacyjne

Sporą popularność zyskują ostatnio bazy nierelacyjne, czyli takie, które nie posiadają tabel ani relacji. W związku z tym przeważnie nie wykorzystują również języka SQL i to z stąd wzięła się ich nazwa - NoSQL (Not Only SQL database). Nie jest najczęściej też wymagane, aby struktura danych była jednorodna.

```
_id: ObjectId("5e0475c53c89d7ceca573698")
userID: "5de6be0eb33c1c0024070c49"
__v: 0
> wanted: Array
✓ library: Array
  ✓ 0: Object
    _id: "0"
    writer: "Kurt Vonnegut"
    title: "Slaughterhouse no 5"
  > 1: Object
  > 2: Object
  ✓ 3: Object
    _id: "3"
    writer: "Jerome K. Jerome"
    title: "Trzech panów w łódce (nie licząc psa)"
  > 4: Object
  > 5: Object
  > 6: Object
  ✓ 7: Object
    _id: "7"
    writer: "Franz Kafka"
    title: "Proces"
  ✓ 8: Object
    _id: "8"
    writer: "Niccolò Machiavelli"
    title: "Książę"
  > 9: Object
  > 10: Object
  > 11: Object
  > 12: Object
  > 13: Object
```



Rys. 2.6. Przykład obiektu json w bazie NoSQL przechowującej dane jako dokumenty

Źródło: Opracowanie własne z użyciem fragmentu grafiki ze strony <https://medium.com>

2.6.3. Porównanie

Przewagę relacyjnych baz danych można upatrywać w istotnie ugruntowanym interfejsie, stosunkowo łatwym utrzymaniu i tym, że w związku z wybitną popularnością, zestandaryzowany język zapytań daje programistom gotowy, ogólny pogląd na dowolną

relacyjną bazę danych z którą przyjdzie im pracować. Jednakże bazy typu NoSQL reprezentuje łatwa skalowalność oraz bardzo szeroki wybór modeli danych. Są one też szybsze, bardziej wydajne a ponadto daleko bardziej elastyczne. Nie wymagają być administrowanymi i obecnie rozwijają się coraz prężniej. [6]

2.7. Aplikacja mobilna

Komponent w którym spotykają się wszystkie części składowe systemu. Podejście mobilne zostało wybrane ponieważ rynek związany z urządzeniami mobilnymi to obecnie najszybciej rozwijająca się gałąź przemysłu IT [7]. Dzięki temu produkt może potencjalnie trafić do szerszego grona odbiorców, zwłaszcza, że nie wymaga od użytkownika skomplikowanych czynności i można z niego korzystać na przykład w komunikacji miejskiej.

2.7.1. Przystępność produktu

Tworząc oprogramowanie, którego ma używać człowiek, warto zadbać o to, aby w pierwszej kolejności było ono dla niego ułatwieniem, które z chęcią wykorzysta.

2.7.1.1. Podstawowe cechy przyjaznej użytkownikowi aplikacji

Ze względu na ograniczone medium jakim jest urządzenie mobilne, ważnym jest aby dostarczyć rozwiązanie, którego odbiorca chciałby używać. Warto więc zastanowić się nad określeniem aspektów, które składają się na przyjazną użytkownikowi formę.

“Podstawowe atrybuty opisujące użyteczność aplikacji zostały zidentyfikowane w klasycznej pracy Nielsena [8]:

- efektywność (efficiency) – łatwość uzyskania celu,
- satysfakcja (satisfaction) – brak dyskomfortu, pozytywne nastawienie do produktu
- przyswajalność (learnability) – łatwość nauczenia się zasad działania w celu szybkiego rozpoczęcia pracy,
- zapamiętywalność (memorability) – łatwość powrotu do pracy z systemem po przerwie
- bezbłędność (faultlessness) – ograniczenie liczby popełnianych błędów oraz zdolność do wznowienia działania po awarii

Najłatwiej zmierzyć efektywność, która w wielu sytuacjach może zostać wyrażona jako czas potrzebny do wykonania określonego zadania. Pozostałe atrybuty są znacznie bardziej abstrakcyjne, a wśród nich największy ładunek subiektywnych emocji z pewnością niesie satysfakcja użytkownika.“ [7]

2.7.1.2. Funkcjonalności implementujące atrybuty zidentyfikowane przez Nielsena

Tworzenie oprogramowania na urządzenia przenośne wymaga więc dokładnego zaplanowania interfejsu graficznego, który będzie nie tylko przyjazny wizualnie, ale i funkcjonalny. Zakłada się, że zaprezentuje odbiorcy możliwe funkcjonalności w sposób oczywisty i jednoznaczny. Powinien on więc płynnie i możliwie szybko odpowiadać na akcje użytkownika. Ze względu na odpowiednio mniejszą moc obliczeniową, należy zadbać o użycie właściwych elementów sterujących oraz zadbać o wydajne renderowanie. W ten sposób można uniknąć przechowywania niepotrzebnych referencji do wykorzystanych wcześniej obiektów oraz zwrócić uwagę na to, aby obliczenia wykonywane przez urządzenie nie były nazbyt skomplikowane. W trosce właśnie o to, zaawansowana logika licząca została wyekstraktowana do osobnego serwisu (3.4). Poprzez przechowywanie informacji w bazie danych, gwarantujemy, że po ponownym włączeniu aplikacji, nawet po wymuszonym zamknięciu - użytkownik nie straci swoich zmian.

3. Implementacja

Ze względu na to, że omawiana aplikacja składa się z autonomicznych elementów, znaczna część implementacji poszczególnych serwisów mogła odbywać się niezależnie od innych. Tworzone funkcjonalności testowane były przy pomocy narzędzia Postman, za pomocą którego można wysyłać dowolnie skonfigurowane zapytania HTTP na konkretne adresy URI. Kolejne, gotowe usługi były następnie integrowane w sytemie.

3.1. Metodyka pracy

Projekt powstawał iteracyjnie. To znaczy, że podczas pracy zaczynano od małych celów i po ich realizacji - stawiano większe, aż do osiągnięcia zamierzonego efektu. Udoskonalano obecny wówczas stan i przechodzono do kolejnego, bardziej zaawansowanego kroku. W ten sposób, możliwe było dokładne kontrolowanie rozwoju systemu, jego testowanie i w razie problemów - szybka analiza, znalezienie i wyeliminowanie przyczyny.

3.1.1. Version Control System

VCS - postęp prac śledzony był za pomocą systemu kontroli wersji. Pozwala on dokumentować każdą, kolejną zmianę, która ma miejsce w odniesieniu do kodu. Dzięki temu wygodniejsze są wszelkie zmiany związane z nowymi elementami w kodzie, ponieważ w każdym momencie, możliwy jest powrót do dowolnego, poprzedniego stanu implementowanych funkcjonalności. [9] W projekcie korzystano z hostingu na platformie GitHub.

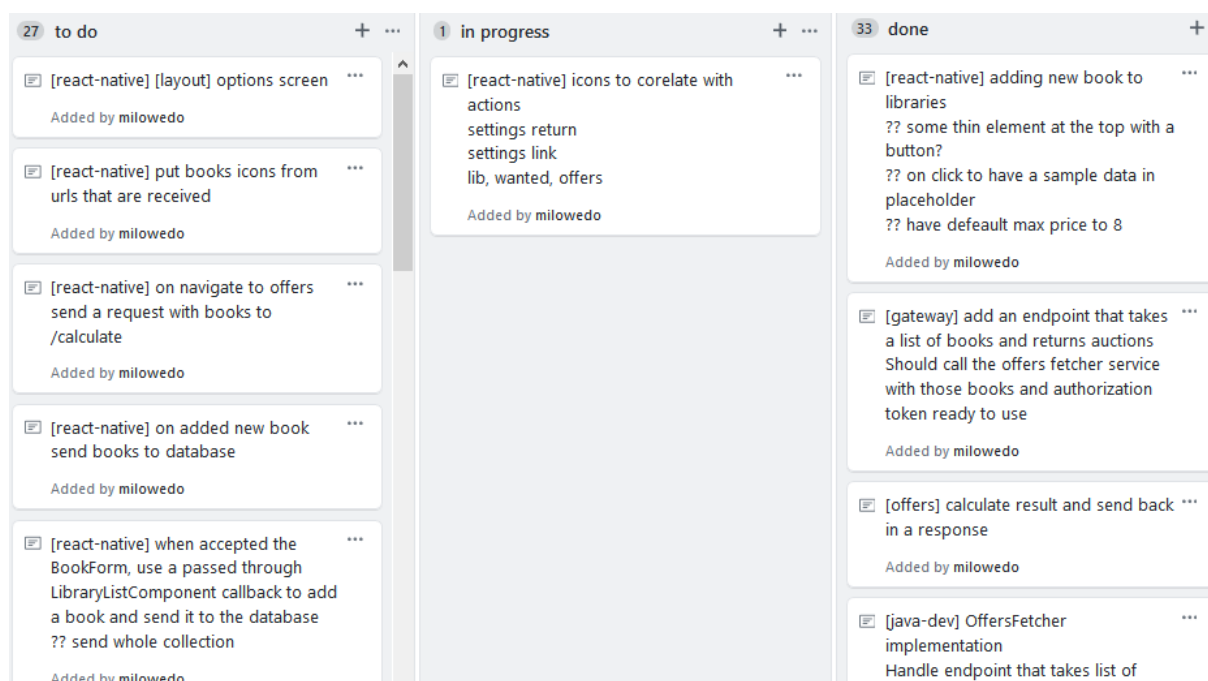
3.1.2. Organizacja zadań

Kanban to metodologia, która może być użyta jako narzędzie do zarządzania projektem podczas produkcji oprogramowania. Oryginalnie została wymyślona w celu optymalizacji produkcji w Japońskiej firmie Toyota.

Jej wykorzystanie w procesie rozwijania systemów informatycznych znacząco wzrasta ze względu na jej przewagę nad tradycyjnymi metodami. Objawia się ona w elastyczności, wydajności i zwiększonej produktywności. Sama nazwa oznacza w wolnym tłumaczeniu “spis widoczny”. [10]

Najbardziej charakterystycznym elementem jest utworzenie swojego rodzaju torów, oznaczających poszczególne etapy w których znajdują się obecnie zadania. W momencie zmiany stanu, dany element jest przemieszczany do następnej w kolejności kolumny, co oznacza, że zadanie jest coraz bliżej ukończenia.

Korzystając z faktu, że w serwisie Github możliwe jest utworzenie takiej kanbanowej tablicy, zdecydowano się na użycie właśnie tej implementacji narzędzia. Poniżej zaprezentowano stan części planszy podczas rozwoju projektu.



Rys. 3.1. Kanbanowa tablica podzielona na 3 sektory

Źródło: Opracowanie własne - zrzut ekranu z projektu na platformie Github.com

3.2. Wybór technologii

Językami programowania, które mają największy udział w projekcie są Javascript (2.2, 2.3, 2.7) oraz Java (2.4).

Za persystencję odpowiada chmurowa wersja bazy danych NoSQL (2.6.2) - MongoDB Cloud.

3.2.1. Express

Auth Service (2.2) oraz **Gateway** (2.3) to serwisy o podobnym stosie technologicznym. Obydwa powstały z pomocą Express js API - javascriptowego frameworku wspierającego implementację serwera obsługującego tworzenie i wystawianie REST API.

```
const express = require('express');
const app = express();
app.get('/beat', (req, res) => res.status(200).send( body: 'auth service is up'));
app.listen(
  port: process.env.PORT || port,
  callback: () => console.info( message: `App is listening on ` + (process.env.PORT || port) + `.`)
);
```

Rys. 3.2. Elementarny kod odpowiedzialny za wystawienie prostego API za pomocą Express js

Źródło: Opracowanie własne

Jak przedstawiono powyżej, aby stworzyć nasłuchujący na jednym punkcie końcowym serwer, wystarczy parę linijek kodu. Naturalnie, potrzeby występujących w pracy serwisów są większe i potrzebują bardziej rozbudowanego podejścia niż przedstawiono na załączonej grafice.

3.2.2. React Native

Aplikacja mobilna jest napisana przy wykorzystaniu platformy Expo, która jest zestawem narzędzi ułatwiającym pracę w stworzonym przez Facebook, Inc. frameworku mobilnym - React Native. Został on wybrany, ponieważ jest sprawdzony (popularne aplikacje, które używają go w swojej implementacji to między innymi Facebook, Instagram, Skype). Jest ciągle udoskonalany i prawdopodobnie nie przestanie być popularny w najbliższym czasie. Posiada on także pokaźną społeczność programistów, co zawsze jest nieocenionym atutem podczas korzystania z dowolnej technologii.

Ciekawym rozwiązaniem zaprezentowanym przez twórców są tak zwane ‘Hooki’, które pozwalają używać stanu w wykorzystanych w omawianej aplikacji komponentach funkcyjnych - lżejszych niż komponenty klasowe.

Jednym z przykładów zastosowania ich w aplikacji jest pobieranie książek (za pomocą funkcji `fetchMyBooks()`) z bazy danych - wywołanie to potrzebne jest jedynie raz, podczas pierwszego ładowania ekranu `MyLibraryScreen`. Nie jest pożądanym wysyłać zapytania za każdym razem, kiedy użytkownik powróci do tego samego ekranu. Tracone są wtedy bez potrzeby zasoby urządzenia - dane są już i tak obecne w pamięci podręcznej, więc nic nowego takie zachowanie nie przyniesie.

```
useEffect( effect: () => {  
  fetchMyBooks()  
}, deps: []);
```

Rys. 3.3. Zastosowanie hooka “useEffect”

Źródło: Opracowanie własne

Na powyższej grafice widać, że Hook **useEffect** przyjmuje dwa argumenty, pierwszy to funkcja, która ma się wykonać przy inicjalizacji komponentu oraz za każdym razem kiedy element tablicy z drugiego argumentu ulegnie zmianie.

3.3. Wielowątkowe tworzenie ofert

Mając na uwadze fakt, że użytkownicy aplikacji mobilnej byłiby najprawdopodobniej dużo mniej zadowoleni, jeżeli musieliby długo czekać na rezultat analizy ofert książek, zdecydowano się zwrócić szczególną uwagę na optymalizację tego czasochłonnego procesu. Serwis `OffersFetcher` (2.4) jest aplikacją napisaną w frameworku `Spring Boot`. Przyjmując zapytanie w postaci listy książek, zwraca przygotowane oferty bazując na aktualnych w czasie rzeczywistym aukcjach na platformie `Allegro.pl`

Dla każdej pozycji tworzone jest zadanie, które składa się następnie z podzadań. Wszystkie podzadania wykonywane są asynchronicznie i podzielone są w ten sposób, aby maksymalnie ograniczyć czas, w którym zasoby maszyny nie są wykorzystywane z powodu chociażby oczekiwania na odpowiedź z zewnętrznego serwisu `Allegro`.

```
public static CompletableFuture<Void> addOffersForBook(BookEntityReceived bookEntityReceived,
                                                    ConcurrentHashMap<Seller, HashSet<BookResult>> calculatedResult) {
    return callApi(bookEntityReceived).thenCompose(AllegroRequestHandler::parseResponseToOffers)
        .thenApplyAsync(books ->
            IntStream.range(0, books.size() - 1)
                .mapToObj(books::get)
                .collect(Collectors.toList())
        ).thenAcceptAsync(list ->
            list.parallelStream().map(JsonElement::getAsJsonObject).forEach(singleBook -> {
                var seller = extractSellerFromJson(singleBook);
                var newBook = extractBookResultFromJson(singleBook);
                if (seller == null || newBook == null) {
                    AllegroRequestHandler.logger.info("Could not create book or seller from json offer object");
                    return;
                }
                newBook.setBookTitle(bookEntityReceived.title);
                newBook.setWriter(bookEntityReceived.writer);
                calculatedResult.putIfAbsent(seller, new HashSet<>());
                calculatedResult.get(seller).add(newBook);
            }));
}
```

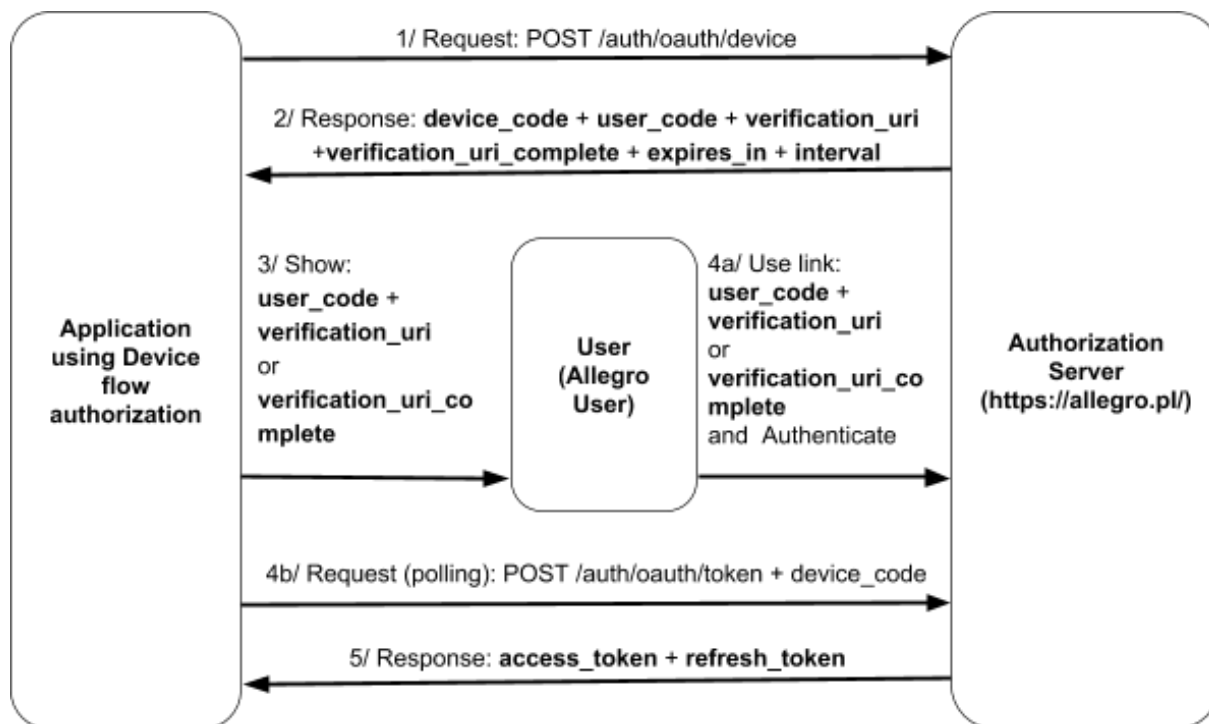
Rys. 3.4. Metodawołana dla każdej książki z zapytania w serwisie OffersFetcher (2.4)

Źródło: Opracowanie własne

Na powyższej grafice widać główną logikę, odpowiedzialną za pobranie i zapisanie książek w wynikowej kolekcji. Jako argumenty, metoda przyjmuje obiekt reprezentujący pojedynczą książkę otrzymaną w zapytaniu oraz mapę zawierającą sprzedawców i do tej pory dopasowane do nich poszukiwane pozycje, znajdujące się w ich ofercie. W pierwszej kolejności wywoływana jest metoda, która wysyła zapytanie typu GET do Allegro REST API. Następnie, jeżeli podzadanie zostanie wykonane i otrzymana zostanie odpowiedź, tekst jest przetwarzany kolejno do postaci tablicy i następnie do listy obiektów typu JSON. Na koniec, po pozytywnym wyniku wykonania poprzednich kroków, strumieniowo analizowane są wszystkie pozycje i przydzielane są odpowiednim sprzedawcom.

3.4. Autoryzacja użytkownika w Allegro API

Do integracji serwisu z aplikacją potrzebne jest pozyskanie tokenu dostępowego. Allegro udostępnia tzw. *ścieżkę device flow*, dzięki której cały proces odbywa się bez konieczności uwzględniania go w interfejsie graficznym. Poniżej zaprezentowany jest diagram prezentujący tę funkcjonalność.



Rys. 3.5. Autoryzacja użytkownika typu Device flow

Źródło: <https://developer.allegro.pl/>

Podejście w poniższej pracy zakłada zarejestrowanie jednego, wspólnego dla całego systemu, konta funkcjonalnego za pomocą którego każde zapytanie będzie autentykowane. Stwarza to niestety jedno ograniczenie. Mianowicie, ze względu na obowiązujący główny limit nakładany na Client ID - po przekroczeniu liczby 9000 zapytań na minutę, aplikacja zwróci kod błędu 429 i zostanie zablokowana na kolejne 60 sekund.

W fazie inicjalizacyjnej autoryzacji uzyskane zostaną dwa unikalne tokeny:

- dostępowy - ważny przez 12h
- odświeżający - ważny 6 miesięcy

Zostaną one zachowane w pamięci, a każde kolejne zapytanie, w przypadku wygaśnięcia tokenu dostępowego, spowoduje jego odnowienie.

```
function authorizationBeat(url :string = 'https://api.allegro.pl/sale/categories/') {
  requests({
    url: url,
    headers: {'authorization': `Bearer ${properties.get('access_token')}`}
  }, (error, response, body) => {
    if (response.statusCode === 200) {
      console.log("User is authorized.");
      return body;
    }
    console.log("Access token is not valid, user not authorized.");
    if (response.statusCode === 401) {
      let refresh_token_acquired_time = properties.get('refresh_token_time');
      let refresh_token = properties.get('refresh_token');
      console.log(`Refresh token: ${refresh_token}`);
      if (refresh_token === "undefined") {
        console.log("Refresh token has never been acquired.");
        acquireLinkForAuthorization();
      } else if ((Date.now() - refresh_token_acquired_time) > (30 * 24 * 60 * 60 * 1000)) {
        console.log(`Refresh token is outdated: ${refresh_token_acquired_time}`);
        acquireLinkForAuthorization()
      } else {
        console.log("Refresh token is valid, sending refreshing request.");
        refreshTheToken();
      }
    }
  })
}
```

Rys. 3.6. Kod odpowiedzialny za utrzymywanie ważnego tokena

Źródło: Opracowanie własne

Powyższy kod prezentuje przebieg akcji, które mają miejsce za każdym razem, kiedy otrzymywane jest zapytanie do OffersService (2.4). Na początku sprawdzane jest, czy token jest zwyczajnie aktualny, następnie, w przypadku, gdy nie jest, pobierany jest token odświeżający. W zależności od tego, czy jest on ważny, wygaśnięty, czy może w ogóle nigdy nie został uzyskany, odpowiednia logika zostaje uruchomiona.

3.5. MongoDB Cloud

Modele przechowujące dane są zdefiniowane w klasach `Book.js` oraz `User.js` serwisów Gateway (2.3) i Auth Service (2.2). Połączenie do bazy danych jest obsługiwane przy pomocy biblioteki *mongoose*.

W celu uzyskania dostępu potrzebny jest jedynie tak zwany *connection string*, który uzyskany został poprzez zalogowanie się na stronie internetowej serwisu hostującego `cloud.mongodb.com` i nawigację do zakładki Connect.

```
mongoose.connect(connString, options: {  
  useNewUrlParser: true,  
  useCreateIndex: true,  
  useUnifiedTopology: true  
}).then();  
mongoose.connection.on( event: 'connected', listener: () => {  
  console.info( message: 'Connected to mongo instance')  
});
```

Rys. 3.7. Połączenie do bazy danych MongoDB

Źródło: Opracowanie własne

W załączonej grafice widać rozpoczęcie połączenia z bazą danych. Ważnym elementem jest opcja `useCreateIndex`, dzięki której znajdujące się w serwisach Auth Service i Gateway, modele, otrzymają indeksy pod którymi znaleźć będzie można zapisane dokumenty.

3.6. Wdrożenie

Korzystanie ze stworzonych serwisów jest umożliwione poprzez wdrożenie ich na platformie chmurowej Heroku. W ten sposób każda usługa posiada własne URI, na które wysyłane są zapytania w zależności od potrzeb. Poszczególne aplikacje można również uruchomić na pojedynczym komputerze, jednakże wymagałoby to sporej ilości zasobów, stąd zdecydowano się na rozwiązanie hostingowe.

Minimalne środowisko jakie jest wymagane aby uruchomić system to:

- Node v10.13.0
- Java v11
- Maven v3.5
- Gradle v6.0
- Expo v3.11.1

Wdrożenie wymagało dodatkowo stworzenia aplikacji w sensie logicznym według platformy Heroku. Odbyło się to za pomocą linii komend Heroku CLI oraz poprzez wskazanie adresu URI do stosownych repozytoriów Github, gdzie przetrzymywany jest kod. W ten sposób w webowym interfejsie pod adresem `dashboard.heroku.com` znalazły się odnośniki reprezentujące trzy usługi : OffersFetcher (2.4), Auth Service (2.2) oraz Gateway (2.3). Każda z nich ma zdefiniowaną odpowiednią konfigurację, dzięki której aplikacje mogą zostać uruchomione.

- OffersFetcher (2.4) uruchamiany jest na platformie poleceniem *web java -jar build/libs/*.jar*
- AuthService (2.2) oraz Gateway (2.3) - komendą *npm start*

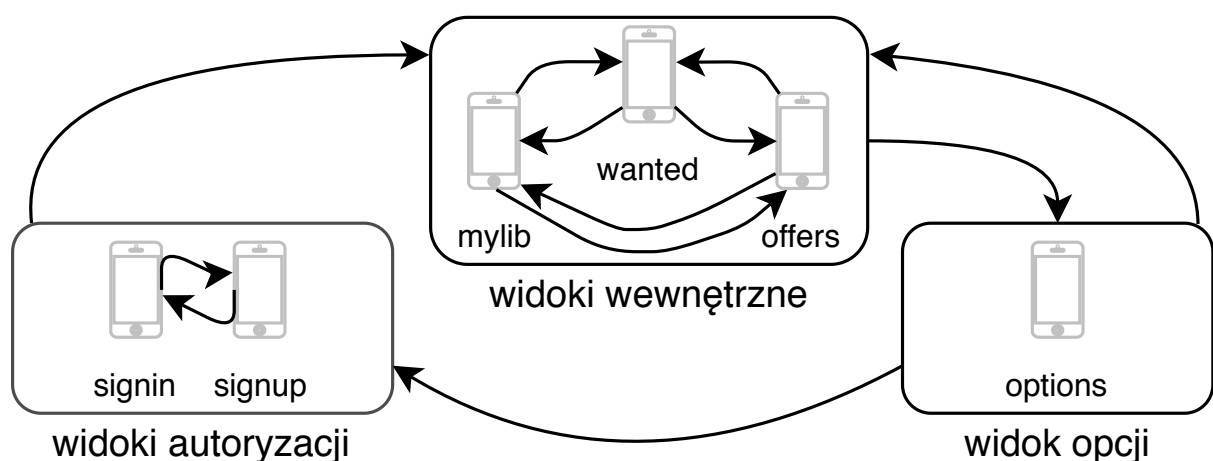
Serwis reprezentujący bazę danych nie potrzebował bezpośredniego wdrożenia w postaci umieszczenia w konkretnym miejscu, napisanego wcześniej kodu. Cały proces uruchomienia bazy danych został wykonany za pomocą webowego interfejsu.

Aby uruchomić lokalnie aplikację mobilną należy w folderze ją zawierającym wykonać polecenie *expo r*. Następnie w zainstalowanej na urządzeniu mobilnym aplikacji “Expo” w zakładce Projects pojawi się instancja aplikacji.

4. Interfejs

Interfejs aplikacji składa się z trzech rozdzielnych zbiorów ekranów. Każda nawigacja pomiędzy tymi grupami skutkuje usunięciem z pamięci kolekcji ekranów, znajdujących się w poprzedniej grupie oraz załadowaniem nowego zestawu. W pierwszym pakiecie znajdują ekrany logowania i rejestracji. Jeżeli użytkownik zaloguje się lub zarejestruje, jego token dostępowy zostanie zapisany w pamięci podręcznej urządzenia i do momentu jej wyczyszczenia, program nie będzie wymagał od niego ponownego wpisywania swoich danych w celu autoryzacji. Co za tym idzie, w ogóle nie zaistnieje potrzeba załadowania tych widoków. Po autoryzacji użytkownik otrzymuje dostęp do drugiego i trzeciego zbioru zawierających :

2. dwie biblioteki oraz widok z zaprezentowanymi ofertami
3. ustawienia



Rys. 4.1. Schemat nawigacji pomiędzy ekranami

Źródło: Opracowanie własne za pomocą narzędzia
<https://www.draw.io/>

4.1. Logowanie i rejestracja

Te dwa ekrany zawierają formularze w których użytkownik może wpisać email oraz hasło. Po wpisaniu danych, akceptuje formularz niebieskim przyciskiem i tworzy zapytanie do Auth Service (2.2). W sytuacji, gdy wprowadzone dane są niewłaściwe, zostanie wyświetlony odpowiedni komunikat. Na dole ekranu widnieje krótki tekst, po którego kliknięciu, nastąpi zresetowanie formularza i przeniesienie do sąsiedniego widoku.

The image displays two side-by-side mobile app screens. The left screen is titled 'Sign up' and features two input fields: 'email address' with the text 'maya@gmail.com' and a user icon, and 'password' with the text 'kCj!cC#gL8c' and a lock icon. Below these fields is a blue 'Sign up' button. At the bottom, a link reads 'Already have an account? Sign in instead'. The right screen is titled 'Sign in' and has similar fields: 'email address' with 'miloszmilosz5@gmail.com' and a user icon, and 'password' with masked characters '.....' and a lock icon. Below is a blue 'Sign in' button. At the bottom, a link reads 'Don't have an account? Sign up instead'.

Rys. 4.2. Ekrany logowania i rejestracji w aplikacji mobilnej

Źródło: Opracowanie własne

4.2. Ekrany bibliotek

Widoki *Wanted* i *My library* korzystają w większości z tych samych komponentów, różni je natomiast sposób oraz cel ich użycia. Obydwa zawierają listy (rodzaj komponentu), których jedynie widoczne elementy są renderowane, aby nie spowalniać pracy aplikacji. Można je przesuwać werykalnie, a każdy element posiada ukryte opcje z lewej i prawej strony, które można aktywować poprzez horyzontalne przesunięcie wykonane na pojedynczym segmencie.

Widok poszukiwanych książek prezentuje pozycje, które będą wysłane do serwisu OffersFetcher (2.4) i użyte w celu stworzenia ofert. Na poniższej grafice widnieje funkcjonalność dodawania nowej pozycji do listy. Po naciśnięciu obszaru z napisem “new book”, wysunięty zostanie formularz, który poprawnie wypełniony skutkuje dodaniem nowej książki i wysłaniem jej do bazy danych w chmurze. Cenę każdej pozycji można edytować po jej naciśnięciu - pojawi się pole do edytowania wartości.

Book Title	Author	Price (pln)
She Was Nice To Mice: The Other Side of Elizabeth I's Character Never Before Revealed by Previous Historians	Alexandra Elizabeth Sheedy	max 32 pln
Słońce też wschodzi	Hemingway	max 10 pln
Solaris	Lem	max 8 pln
Ubik	Dick	max 8 pln
Król szczurów	Clavell	max 9 pln
Nowy wspaniały świat	Huxley	max 8 pln
Myszy i ludzie	Steinbeck	max 8 pln

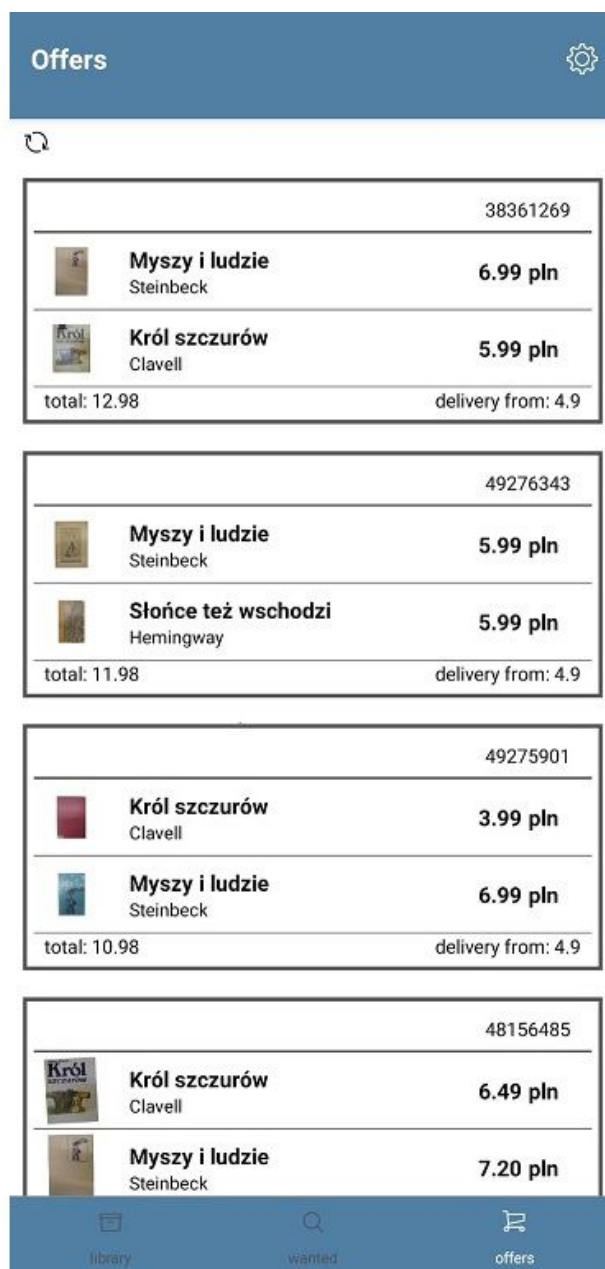
Book Title	Author	Price (pln)
Komu bije dzwon	Hemingway	16
Słońce też wschodzi	Hemingway	max 10 pln
Solaris	Lem	max 8 pln
Ubik	Dick	max 8 pln
Król szczurów	Clavell	max 9 pln
Nowy wspaniały świat	Huxley	max 8 pln
Myszy i ludzie	Steinbeck	max 8 pln

1	2	3	-
4	5	6	_
7	8	9	✕
,	0	.	✓

Rys. 4.3. Biblioteka poszukiwanych książek oraz dodawanie nowej pozycji

Źródło: Opracowanie własne

autor, a także jego cenę. Na dole oferty wyświetlona jest sumaryczna cena tomów oraz najtańsza możliwa dostawa według kontrahenta.

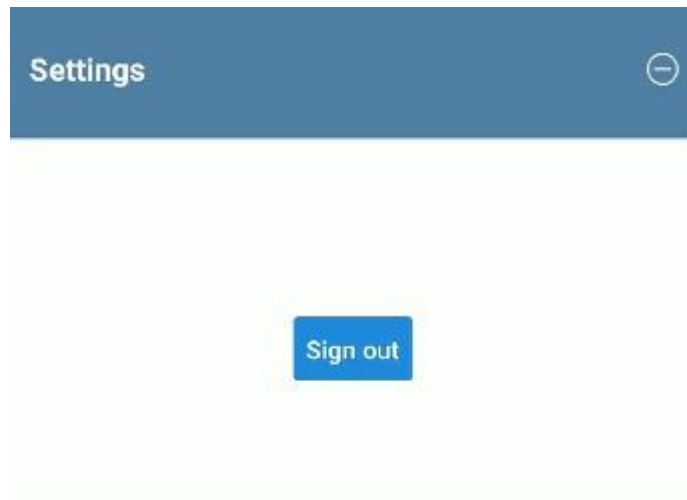


Rys. 4.5. Ekran prezentujący oferty od sprzedawców

Źródło: Opracowanie własne

4.4. Opcje

Obecnie na ekranie opcji, który można wywołać po naciśnięciu przycisku w prawym górnym rogu, dostępna jest tylko jedna opcja - mianowicie wylogowanie użytkownika. Po naciśnięciu przycisku, usunięty zostanie token dostępowy, a aplikacja wykona przeniesienie do ekranu logowania.



Rys. 4.6. Ekran opcji z możliwością wylogowania

Źródło: Opracowanie własne

5. Podsumowanie

Projekt i implementacja przedstawionego w tej pracy systemu zostały wykonane w sposób wystarczająco zadowalający. Użytkownik może w zaledwie parę sekund otrzymać wyniki przeanalizowania setki możliwych ofert od sprzedawców na platformie Allegro.pl. Aplikacja jest w stanie przetrzymywać listy książek dla użytkowników w zewnętrznym, zabezpieczonym przed nieautoryzowanym dostępem, archiwum chmurowym. Brak więc obaw o utratę danych z urządzenia mobilnego. Czasochłonne obliczenia i analizy dostępnych w serwisie aukcyjnym przedmiotów wyekstrahowano do osobnego serwisu o zdecydowanie większej mocy obliczeniowej niż przeciętny komputer podręczny.

5.1. Wnioski

W procesie tworzenia aplikacji dzięki podjętym decyzjom i rozwiązaniom problemom, autorowi tej pracy udało się nabyć cenne doświadczenie. Użycie nierelacyjnej bazy danych można określić jako rozwiązanie trafne i wydajne. Również integracja z zewnętrznym API platformy Allegro.pl jest najtrafniejszą decyzją, jaką autor mógł podjąć, decydując się na źródło danych dla aplikacji.

Sporym wyzwaniem było na pewno połączenie poszczególnych serwisów wdrożonych jako osobne aplikacje w jeden, komunikujący się między sobą twór.

System jest zabezpieczony przed nieautoryzowanym dostępem. Jego budowa to luźno powiązane elementy, które można odłączać i modyfikować bez destrukcyjnego wpływu na działanie całości aplikacji. W łatwy sposób można ją rozszerzyć, dodając kolejne serwisy i włączając je w odpowiednich miejscach.

5.2. Możliwe rozszerzenia i usprawnienia

Przygotowany system jest dobrze przygotowany na przyjęcie kolejnych ulepszeń i możliwości.

Zdecydowanie ciekawym usprawnieniem byłaby na przykład możliwość łączenia baz poszukiwanych książek z bibliotekami innych użytkowników, czy większa personalizacja wyszukiwań pod kątem chociażby czasowego wykluczania niektórych pozycji z analizy.

Bazując również na posiadanych tomach, warto byłoby rozważyć algorytmów, które potrafiłyby wskazać użytkownikowi rekomendowane przez system pozycje o których sam nie pomyślał. Z uwagi na to, że struktura systemu składa się z osobnych serwisów, w łatwy sposób można zaadaptować dowolną ilość nowych funkcjonalności.

Stworzona w poniższej pracy aplikacja ma spory potencjał na rozwój.

Bibliografia

- [1] © 2005-2020 Mozilla i individual contributors. *Technologie Internetowe dla developerów - HTTP*. <https://developer.mozilla.org/pl/docs/Web/HTTP>. [online; dostęp 30-11-2019]. MDN Web Docs.
- [2] 2013-2020 Auth0® Inc. All Rights Reserved. *Introduction to JSON Web Tokens*. <https://jwt.io/introduction/>. [online; dostęp 04-11-2019]. Auth0 Inc.
- [3] Chris Richardson. „Api gateway”. W: *Microservice architecture* (2018). [online; dostęp 11-12-2019].
- [4] Allegro.pl. *Allegro REST API*. <https://developer.allegro.pl/>. [online; dostęp 30-09-2019]. Allegro.pl Sp. z o.o.
- [5] Roy Thomas Fielding. “Architectural Styles and the Design of Network-based Software Architectures”. PhD thesis. University of California, Irvine, 2000.
- [6] Dikshay Poojary Ameya Nayak Anil Poriya. „Type of NOSQL Databases and its Comparison with Relational Databases”. W: *International Journal of Applied Information Systems* 5.4 (2013).
- [7] Zdzisław Sroczyński. „Jakość interakcji człowiek-komputer czynnikiem decydującym o popularności aplikacji mobilnych”. W: *Studia Ekonomiczne* 317 (2017), s. 106–117.
- [8] Nielsen J. „Usability Engineering”. W: *Academic Press* (1993).
- [9] John D Blischak, Emily R Davenport i Greg Wilson. „A quick introduction to version control with Git and GitHub”. W: *PLoS computational biology* 12.1 (2016).
- [10] Magdalena Maneva, Natasa Koceska i Saso Koceski. „Introduction of Kanban methodology and its usage in software development”. W: (2016).