

Użycie języka Swift i elementów paradygmatu
reaktywnego na przykładzie aplikacji mobilnej do
polecania filmów i seriali

Bartosz Woliński

21 grudnia 2016

Spis treści

1	WSTĘP	3
2	CEL I ZAKRES PRACY	4
3	ŹRÓDŁA I DEFINICJE	6
3.1	Historia i charakterystyka systemu iOS	6
3.2	Historia i charakterystyka języka Swift	9
3.3	Paradygmat funkcyjny	10
3.4	Paradygmat reaktywny	10
3.4.1	Idea programowania reaktywnego	11
3.4.2	Podejście reaktywne w praktyce	12
3.4.3	Operatory reaktywne	12
3.4.4	Współbieżność	12
3.4.5	Wady i zalety podejścia reaktywnego	12
3.4.6	Implementacja na platformie iOS	12
4	PRACA WŁASNA	13
4.1	Czynności przygotowawcze	13
4.1.1	Instalacja narzędzi	13
4.1.2	Wstępna konfiguracja projektu	13
4.1.3	Stworzenie repozytorium	13
4.2	Budowa aplikacji właściwej	14
4.2.1	Wymagania funkcjonalne	14
4.2.2	Wymagania нефункционалне	14
4.2.3	Diagram przypadków użycia aplikacji	14
4.2.4	Zależności w bazie danych	14
4.2.5	Diagram klas	14
4.2.6	Opis wybranych klas	14
4.2.7	Opis użytych bibliotek i frameworków	14
4.2.8	Implementacja aplikacji mobilnej - zastosowana archi- tektura	14
4.2.9	Prezentacja aplikacji	14
5	PODSUMOWANIE	17

Rozdział 1

WSTĘP

Motywacją do powstania pracy inżynierskiej o tej tematyce, była chęć poznania i zrozumienia idei paradygmatu reaktywnego w programowaniu na platformę mobilną. W mojej pracy postaram się pokazać, że podejście reaktywne jest dobrym pomysłem szczególnie w środowiskach oferujących niewielkie zasoby. Co prawda dzisiejsze smartfony posiadają coraz wydajniejsze procesory i coraz szybsze pamięci RAM, jednakże nadal nie są to komponenty tak sprawne jak te używane w komputerach klasy PC. Z tego powodu uważam, że zrównoleganie procesów i obliczeń ma sens na platformach mobilnych a w tym celu warto pochylić się nad paradygmatem reaktywnym.

Po raz pierwszy ideę programowania reaktywnego zaproponowała firma Microsoft tworząc framework Reactive Extensions na platformę .NET i opierając go głównie o popularny wzorzec obserwatora.[1] Używany termin programowanie reaktywne odnosi się do programowania reaktywnego funkcyjnego jako, że te dwa pojęcia są ze sobą nierozzerwalnie związane.

Celem programowania reaktywnego jest przede wszystkim bardziej efektywne podejście do celu i sensu działania aplikacji w ogólnym ujęciu a nie skrupulatne skupienie się na tym w jaki sposób konkretne zadania powinny być realizowane. Na takie podejście można sobie pozwolić, jako że programowanie reaktywne wymusza na systemie jego bezstanowość. Jest to możliwe m.in. dzięki temu, że programując w sposób reaktywny, działamy na strumieniach niezmiennych i niemodyfikowalnych danych w czasie a nie na pojedynczych zdarzeniach. Ponadto takie podejście pozwala oszczędzić dużo kodu i rozważań nad sensownością wydarzeń w czasie m.in dlatego, że zdarzenia synchroniczne jak i asynchroniczne traktowane są w ten sam sposób co znacząco ułatwia tworzenie logiki programu. Podstawą paradygmatu reaktywnego jest wzorzec obserwatora czyli wzorzec obiektu obserwowanego (nadawcy zdarzeń) i obiektu obserwującego (reagującego na odebrane zdarzenia).

Rozdział 2

CEL I ZAKRES PRACY

Niniejsza praca dyplomowa składa się z dwóch zasadniczych części. Pierwsza z nich ma na celu podejście od strony teoretycznej do treści tematu. Rozumiem przez to objaśnienie idei paradygmatu reaktywnego i pojęć z nim związanych.

Druga część pracy ma za zadanie przedstawienie praktycznego podejścia do tematu i zaprezentowanie sposobu użycia paradygmatu reaktywnego na przykładzie aplikacji mobilnej. Zadaniem tej aplikacji jest umożliwienie użytkownikowi wyszukania filmu lub serialu przy użyciu internetu i publicznego API OMDB. Znaleziony film lub serial może zostać zapisany w lokalnej bazie aplikacji. Projekt ma na celu ułatwienie decyzji użytkownikowi na temat tego co ma obejrzeć posiadając zadaną ilość czasu. Z pośród zapisanych filmów i seriali zaproponowane zostaną te spełniające wymagania czasowe. Po obejrzeniu danej produkcji, użytkownik będzie mógł ją ocenić a ocena ta również będzie zapisywana w lokalnej bazie.

Podsumowując powyższe stwierdzenia, przedstawiam zagadnienia opisane w obu częściach niniejszej pracy:

Część teoretyczna:

- Krótka historia systemu iOS
- Użyty język programowania
- Istotne zagadnienia z tematu programowania funkcyjnego
- Opis zagadnień związanych z paradygmatem reaktywnym, t.j.: operatory reaktywne; współbieżność; wady i zalety tego podejścia

Część opisująca pracę własną:

- Opis czynności przygotowawczych
- Zdefiniowanie wymagań funkcjonalnych i niefunkcjonalnych

- Opis modelu bazodanowego i zależności między klasami
- Charakterystyka użytych bibliotek i frameworków
- Implementacja aplikacji w środowisku XCode z wykorzystaniem języka Swift i opisem zastosowanej architektury

Rozdział 3

ŹRÓDŁA I DEFINICJE

3.1 Historia i charakterystyka systemu iOS

iOS to mobilny system operacyjny stworzony przez firmę Apple Inc. na urządzenia iPod, iPhone i iPad. Został zaprezentowany w styczniu 2007 roku na konferencji Macworld. Jest jednym z dwóch¹ najpopularniejszych systemów mobilnych.

Specyfikacje techniczne

System iOS oparty jest na jądrze systemu Darwin. Jest to unixowy system operacyjny typu open-source wypuszczony przez Apple Inc. w 2000 roku. Zbudowany jest w oparciu o projekty firm Apple, NeXTSTEP, BSD, Mach i kilka innych. System działa na architekturach PowerPC, Intel x86 i ARM.[5][6] Jądrzem systemu Darwin jest XNU. Jest to hybrydowe jądro łączące w swojej implementacji Mach 3 microkernel i elementy BSD t.j. stos sieciowy czy wirtualny system plików.[?]

Wersje systemu iOS

iPhone OS - pierwsza iteracja mobilnego systemu Apple. Nie nadano żadnej oficjalnej nazwy. Jedyne co utrzymywano to, że iPhone korzysta z jednej z desktopowych wersji systemu OSX.[?] W marcu 2008 roku wypuszczono zestaw narzędzi do programowania na tę platformę: iPhone SDK [7]

¹dane firmy Gartner Inc. za rok 2015: urządzenia mobilne z systemem android - 1,3 mld
urządzenia z systemem iOS - 297 milionów

iPhone OS 2.0 - w lipcu 2008 roku, wraz z premierą urządzenia iPhone 3G, miała miejsce premiera systemu iPhone OS 2.0. Najistotniejszą usługą jaką wprowadzał ten system był sklep App Store. Dzięki niemu programiści mogli rozpocząć rozprowadzanie swoich aplikacji na urządzenia iPhone i iPod Touch. [8]

iPhone OS 3.0 - Odświeżony smartfon Apple iPhone3GS został wypuszczony wraz z nowym systemem - iPhone OS 3.0. Jego najbardziej rozpoznawalną cechą było wprowadzenie czegoś co dziś w każdym systemie mobilnym musi być i jest oczywiste. Chodzi o funkcje kopiowania i wklejania, bez których nie wyobrażamy sobie systemu operacyjnego. Ponadto dostarczał funkcjonalności takich jak: Spotlight Search, klawiatura w układzie horyzontalnym i możliwość wysyłania wiadomości MMS.[9]

iOS 4 - Pierwszy system o tej nazwie, wprowadzony na rynek w kwietniu 2010 roku. Wówczas Apple zaprezentowało urządzenie iPhone 4 oraz zrezygnowało ze wsparcia urządzeń iPhone i iPod Touch. Wraz z premierą nowego systemu, firma oddała do dyspozycji około 1500 API dla programistów. Najistotniejszym z nich było to obłusugujące multitasking, wprowadzony po raz pierwszy w mobilnych systemach Apple. Multitasking pozwalał użytkownikom na m.in. przełączanie się między aplikacjami działającymi w tyle za pomocą podwójnego kliknięcia przycisku home. Poprzednie urządzenia ze względu na swoją architekturę nie pozwalały na to.[10]

iOS 5 - W październiku 2011 swoją premierę miał iPhone 4s - urządzenie z dwurdzeniowym procesorem - a wraz z nim system iOS 5. Nowy system oferował takie usługi jak Siri (asystent głosowy), iMessage (system wiadomości oparty o połączenie internetowe), synchronizacja z iCloud czy Notification Center. Bardzo istotny z punktu widzenia programistów, ponieważ oferuje on możliwość tworzenia i wysyłania powiadomień od aplikacji do systemu i wyświetlania ich w górnym pasku.[11]

iOS 6 - Po raz pierwszy zaprezentowany w czerwcu 2012 roku. Wraz z nowym urządzeniem - iPhonem 5 - miał wprowadzać kilka udogodnień. Były to między innymi: kompletnie odświeżona aplikacja map i nawigacji GPS, która uwzględniała ruch uliczny. Ponadto dostarczono pełną integrację z systemem Facebook oraz usługę FaceTime - wideorozmowy za pośrednictwem telefonii komórkowej.[12]

iOS 7 - Najbardziej znaczący update systemu iOS wg Craiga Federighi'ego.² Zaprezentowany w czerwcu 2013 roku. System zaprezentował kompletnie odświeżony interfejs użytkownika. Najważniejszą funkcjonalnością

²Wiceprzewodniczący działu inżynierii oprogramowania Apple

był Control Center czyli zestaw najczęściej używanych opcji obsługiwany przez wysunięcie za pomocą paska od dołu ekranu. Ponadto wszelkie notyfikacje systemu były wyświetlane również na zablokowanym ekranie urządzenia. Oprócz tego nowy system dostarczył wiele nowych API dla programistów, w tym ulepszony multitasking, dzięki któremu aplikacje mogły wykonywać wiele operacji w tle. Poza powyższymi, iOS 7 wprowadził jeszcze jedną istotną usługę - AirDrop czyli nowy sposób przesyłania danych między użytkownikami w sposób zaszyfrowany, korzystając z połączenia typu peer-to-peer.[13]

iOS 8 - Największy dotychczasowy zestaw 4000 nowych API został zaprezentowany wraz z systemem iOS 8 w czerwcu 2014 roku. Zestaw ten obejmował całkowicie nowy język programowania na platformę jakim jest Swift. iOS 8 wprowadzał następujące nowości: widgety Notification Center, klawiatury dostępne z poziomu zewnętrznych aplikacji, HealthKit - system zdrowotny pomagający użytkownikowi w przechowywaniu i analizowaniu parametrów stanu zdrowia, HomeKit - aplikacja do integracji z systemami typu smart house. Wraz z prezentacją urządzenia iPhone 6 z procesorem A7, pojawił się również nowy silnik graficzny - Metal, w pełni wykorzystujący nową architekturę urządzenia do tworzenia gier i animacji.[14]

iOS 9 - Czerwiec 2015 roku był datą pierwszej publicznej prezentacji systemu iOS 9. Na urządzeniach iPad wprowadzono funkcję używania dwóch aplikacji jednocześnie w trybie side-by-side i Picture-in-Picture. Ponadto, ulepszono Mapy uwzględniając nawigację przy użyciu publicznego transportu. Oprócz tego system wprowadził kilka optymalizacji pozwalających na dłuższy czas pracy na baterii. Jeśli chodzi o narzędzia dla programistów to stworzono nowy framework do produkcji gier - GameKit. Wprowadzono również usługę CarPlay, bardzo istotną dla producentów samochodów. Dzięki niej możliwe jest sparowanie urządzenia z systemem pojazdu i wywoływania funkcji. Ponadto swoją premierę miała druga implementacja języka Swift czyli Swift 2.0 oraz stał się projektem open source.[15]

iOS 10 - Ostatnia opisywana przeze mnie iteracja systemu iOS ujrzała światło dzienne w czerwcu 2016 roku. Według Craiga Federighi'ego jest to największe i najbardziej znaczące wydanie iOS'a. Istotne nowości wprowadzone przez system to m.in. otwarcie API wiadomości dla programistów, otwarcie API Siri, kompletny redesign aplikacji Mapy, nowy design Apple Music, obsługa 3D touch dla urządzeń iPhone 6 i nowszych. W tym samym roku premierę ma kolejna implementacja języka Swift - Swift 3.0 będąca bardziej kompatybilną wstecznie z językiem Objective-C.[16][17]

3.2 Historia i charakterystyka języka Swift

Swift to kompilowany, hybrydowy język programowania stworzony przez firmę Apple Inc. Jego premiera odbyła się podczas Worldwide Developers Conference w czerwcu 2014 roku.[2]

Jeden z twórców ³ opisuje Swifta jako narzędzie czerpiące idee z wielu innych języków t.j. Objective-C, Rust, Haskell, Ruby, Python, C#, CLU i wielu innych.

Swift został stworzony jako nowoczesny następca Objective-C na platformy MacOS i iOS, ale w grudniu 2015 roku stał się językiem open source. Oznacza to, że została stworzona społeczność przy użyciu serwisu Swift.org a oprócz tego udostępniono publiczne repozytorium Gita. Ponadto uwolniono narzędzia takie jak kompilator LLVM, biblioteki standardowe czy menedżer zależności projektu. Dodatkowo Swift otrzymał wsparcie na platformę Linux.[3]

Główne różnice między Swiftem a Objective-C

Swift jako język mający na celu zastąpienie leciwego już Objective-C, oferuje wiele nowych mechanizmów.

Wartości opcjonalne - pozwalają funkcjom, które nie zawsze zwrócą konkretną wartość lub obiekt na zwrócenie obiektu enkapsulowanego w wartość opcjonalną bądź wartość nil. W języku C i Objective-C funkcje mogą zwrócić wartość pustą (nil) nawet jeżeli spodziewana wartość jest typu struktury lub klasy. W Objective-C zwrócenie przez funkcję wartości pustej (pomimo innej spodziewanej) nie powoduje błędów kompilacji ani błędów w czasie działania. W Swiftcie zaś w takiej sytuacji mielibyśmy do czynienia z błędem kompilacji lub błędem krytycznym w czasie działania co chroni nas przed niespodziewanymi zachowaniami.

Wnioskowanie typów - kompilator języka Swift jest w stanie wywnioskować typ tworzonej zmiennej. Ponadto zmienna o zadeklarowanym (wywnioskowanym) typie nie może go zmienić.

Krotki - Swift wspiera obiekty krotkowe, czyli takie, które mogą przechowywać na raz kilka wartości różnych typów. Dzięki temu możliwe jest zwracanie przez funkcji wielu wartości.

³Chris Lattner - inżynier Apple

Guard - wyrażenie warunkowe w składni Swifta. Zapewnia weryfikację poprawności oczekiwanego typu zmiennej a w razie błędu, może spowodować wcześniejsze wyjście z funkcji.

Elementy programowania funkcyjnego - Swift posiada możliwość programowania funkcyjnego co niejednokrotnie jest dużo bardziej czytelne i wydajne od tradycyjnego podejścia. Z tego powodu oferuje on operatory funkcyjne typu **map** czy **filter**.

Enumeratory - W Swficie, podejście do enumeratorów zostało bardzo rozbudowane. Mogą one zawierać metody i być przekazywane przez wartość.

Podejście do funkcji - Każda funkcja w Swficie posiada typ, który składa się z typów parametrów oraz typu zwracanego. To oznacza, że można przypisywać funkcje do zmiennych a nawet przysyłać je jako parametry innych funkcji.

Słowo kluczowe "do" - pozwala na utworzenie nowego zakresu w kodzie a ponadto może zawierać mechanizm obsługi błędów, znany z innych języków t.j. "try catch". [4]

3.3 Paradygmat funkcyjny

3.4 Paradygmat reaktywny

Programowanie reaktywne funkcyjne ma swoje początki już w roku 1997[18] lecz popularne stało się za sprawą firmy Microsoft i biblioteki Reactive Extensions dla platformy .NET z 2009 roku[19].

Najczęściej podczas tworzenia programu, oczekuje się, że instrukcje będą wykonywane stopniowo, po jednej na raz, w kolejności w jakiej zostały napisane. W przypadku programowania reaktywnego, wiele instrukcji może wykonywać się współbieżnie a ich wyniki przechwytywane są w późniejszym czasie, w losowej kolejności przez tak zwanych obserwatorów (ang. observer). Zamiast wywoływania metody, definiuje się mechanizm odszukiwania i przekształcania danych, w formie tak zwanego obiektu obserwowanego (ang. observable) a następnie zasubskrybowuje się (rozpoczyna nasłuchiwanie) obserwatora do tego obiektu. Na tym etapie uprzednio zdefiniowany mechanizm rozpoczyna działanie z obserwatorem będącym swego rodzaju strażnikiem, gotowym na przechwycenie i odpowiedź na emitowane zdarzenia.

Niewątpliwą zaletą takiego podejścia jest możliwe współbieżne wykonywanie

wielu niezależnych od siebie zadań. W ten sposób czas wykonania wszystkich tych zadań będzie mniej więcej równy czasowi wykonania najdłuższego z nich.

3.4.1 Idea programowania reaktywnego

Podstawowym założeniem podejścia reaktywnego jest programowanie oparte o asynchroniczne strumienie (sygnały) niemodyfikowalnych danych.

Źródłem sygnałów mogą być dowolne zdarzenia w czasie takie jak: modyfikacja zmiennych, interakcja użytkownika, pozycja kursora, struktury danych, zapytania sieciowe, operacje bazodanowe itp. Dane otrzymywane ze strumienia są przetwarzane przez obserwatora i na tej podstawie podejmowane są decyzje i skutki uboczne.

Sygnały w programowaniu reaktywnym mogą zostać scharakteryzowane ze względu na sposób działania, na dwie grupy: sygnały "zimne" i sygnały "gorące".

Sygnał gorący zużywa zasoby i emituje zdarzenia bez względu na to czy istnieje zasubskrybowany do niego obserwator. Zdarzeniami są tutaj najczęściej dane o informujące o modyfikacji zmiennych lub obiektów, koordynaty kliknięć lub kursora myszy, informacje o kliknięciach w kontrolki UI, bieżący czas, itp. Jak widać są to raczej sygnały ciągłe i posiadające zwykle więcej niż jedną daną w sekwencji. Nie ma zatem sensu mówienie o końcu ciągu zdarzeń w tym sygnale. Ponadto kolejno emitowane dane powielane są do wszystkich nasłuchujących.

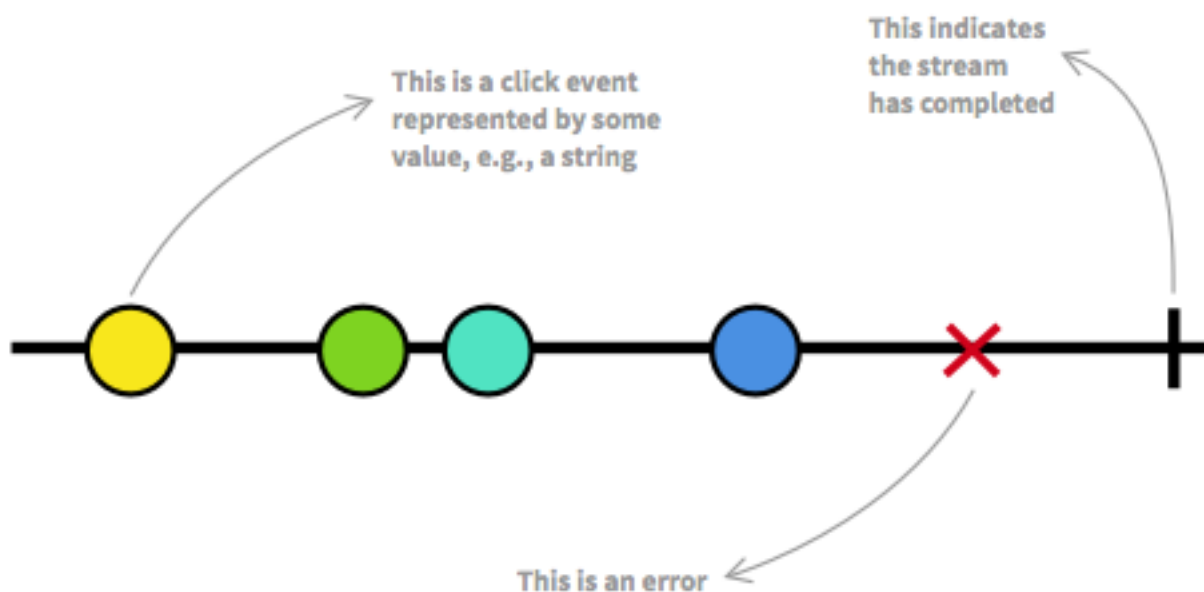
Sygnał zimny nie zużywa zasobów ani nie emituje zdarzeń dopóki obserwator nie zacznie nasłuchiwać na zmiany. Zdarzeniami najczęściej są tutaj operacje asynchroniczne, połączenia HTTP, połączenia TCP, połączenia strumieniowane. Zwykle w swojej sekwencji zawiera jedno zdarzenie będące np. wynikiem odpytania sieciowego. Ponadto wyemitowany wynik najczęściej kierowany jest to jednego obserwującego.

Subskrybcja - za pomocą operatora subskrypcji, w programowaniu reaktywnym, łączony jest obiekt obserwowany i obserwator. Aby obiekt nasłuchujący mógł odbierać nadawane sygnały lub odebrać nadany błąd, musi najpierw zasubskrybować się do obiektu obserwowanego. Typowa implementacja operatora subskrypcji operuje na poniższych trzech metodach:

- `onNext`: nasłuchiway obiekt wywołuje tę metodę, gdy tylko wyemituje zdarzenie. Parametrem tej metody jest emitowane zdarzenie.
- `onError`: obserwowany obiekt wywołuje tę metodę, aby powiadomić o niepowodzeniu przy generowaniu oczekiwanych danych lub o napotkaniu innego błędu. Zatrzymuje to działanie obserwowanego i przerywa

kolejne wywołania metody `onNext` lub `onCompleted`. Metoda `onError`, jako parametr, powinna przyjmować obiekt reprezentujący napotkany błąd.

- `onCompleted`: obserwowany wywołuje tę metodę po ostatnim wywołaniu metody `onNext`, jeżeli nie napotkano błędu.



Jak widać na powyższym obrazku, sygnał jest ciągiem poszeregowanych zdarzeń w czasie. Przechwytywanie powyższych zdarzeń odbywa się asynchronicznie a każdy z wymienionych stanów sygnału musi być obsługiwany przez zdefiniowane w tym celu funkcje.

Obiekty Subject - stanowią w programowaniu reaktywnym swego rodzaju most, w większości implementacji podejścia reaktywnego, ponieważ zachowują się jednocześnie jak obiekty obserwowane i obserwujące. Jako obserwatorzy, mogą zasubskrybować się do jednego lub więcej obserwowanych obiektów. Jako obserwowani mogą emitować i reemitować zdarzenia do obiektów obserwujących.

Rozróżnia się cztery rodzaje obiektów Subject zaprojektowanych pod konkretne przypadki. <http://reactivex.io/documentation/subject.html>

- 3.4.2 Podejście reaktywne w praktyce
- 3.4.3 Operatory reaktywne
- 3.4.4 Współbieżność
- 3.4.5 Wady i zalety podejścia reaktywnego
- 3.4.6 Implementacja na platformie iOS

Rozdział 4

PRACA WŁASNA

4.1 Czynności przygotowawcze

Stworzenie aplikacji mobilnej było możliwe dzięki wykonaniu uprzednio czynności przygotowawczych. Do czynności tych należało: wybór środowiska programistycznego, instalacja bibliotek i frameworków, wstępna konfiguracja projektu oraz stworzenie repozytorium.

4.1.1 Instalacja narzędzi

Program XCode jest jednym z niewielu dostępnych środowisk programistycznych na platformę iOS. Jest on darmowy i dostarczany wraz systemem MacOS. XCode posiada wbudowany kompilator LLVM oraz szereg przydatnych narzędzi tj. interface builder - graficzny edytor do tworzenia elementów interfejsu, dynamiczną kontrolę składni czy menedżer systemu kontroli wersji. Ze względu na powyższe właściwości zdecydowałem się użyć właśnie tego środowiska programistycznego. Ponadto użyłem także narzędzia do rozwiązywania zależności - CocoaPods. Jest ono bardzo przydatne szczególnie przy instalacji bibliotek i frameworków do projektu.

4.1.2 Wstępna konfiguracja projektu

Podczas konfigurowania projektu w środowisku XCode istotne jest abyśmy stworzyli go z użyciem CoreData. Jest to baza danych środowiska iOS i może stanowić integralną część aplikacji.

4.1.3 Stworzenie repozytorium

Dostępnych jest wiele systemów kontroli wersji, ale najpopularniejszym z nich jest GIT. Zdecydowałem się na jego wykorzystanie, ponieważ jest dosyć prosty w użyciu a większość serwerów GITa jest darmowa. Użycie systemu typu GIT pozwoli mi na kontrolę postępów mojej pracy jak i na

dokumentowanie jej. Oprócz tego użycia GITa powoduje, że błąd popełniony przeze mnie na dalszym etapie mogę odwrócić przywracając poprzedni stan projektu.

4.2 Budowa aplikacji właściwej

4.2.1 Wymagania funkcjonalne

4.2.2 Wymagania нефunkcjonalne

4.2.3 Diagram przypadków użycia aplikacji

4.2.4 Zależności w bazie danych

4.2.5 Diagram klas

4.2.6 Opis wybranych klas

4.2.7 Opis użytych bibliotek i frameworków

4.2.8 Implementacja aplikacji mobilnej - zastosowana architektura

4.2.9 Prezentacja aplikacji

Bibliografia

- [1] [https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh242985\(v=vs.103\).aspx](https://msdn.microsoft.com/en-us/library/hh242985(v=vs.103).aspx) - *informacje na temat Reactive Extensions od Microsoft*
- [2] <https://developer.apple.com/swift/blog/?id=14> - *historia języka Swift*
- [3] <https://developer.apple.com/swift/blog/?id=34> - *Swift jako język opensource*
- [4] <https://redwerk.com/blog/10-differences-objective-c-swift> - *Różnice między Swiftem a Objective - C*
- [5] www.puredarwin.com - *informacje o systemie Darwin*
- [6] www.opengroup.org - *informacje o systemach unixowych*
- [7] <https://web.archive.org/web/20071020040652/http://www.apple.com/hotnews> - *informacja o stworzeniu i udostępnieniu iPhone SDK*
- [8] <http://www.apple.com/pr/library/2008/07/10iPhone-3G-on-Sale-Tomorrow.html> - *informacje o iPhone 3G i powstaniu usługi App Store*
- [9] <http://www.apple.com/pr/library/2009/06/08Apple-Announces-the-New-iPhone-3GS-The-Fastest-Most-Powerful-iPhone-Yet.html> - *system iPhone 3.0 i implementacja podstawowych funkcjonalności*
- [10] <http://www.apple.com/pr/library/2010/04/08Apple-Previews-iPhone-OS-4.html> - *informacje o systemie iOS 4*
- [11] <http://www.apple.com/pr/library/2011/10/04Apple-Launches-iPhone-4S-iOS-5-iCloud.html> - *informacje o systemie iOS 5*
- [12] <http://www.apple.com/pr/library/2012/06/11Apple-Previews-iOS-6-With-All-New-Maps-Siri-Features-Facebook-Integration-Shared-Photo-Streams-New-Passbook-App.html> - *informacje o systemie iOS 6*
- [13] <http://www.apple.com/pr/library/2013/06/10Apple-Unveils-iOS-7.html> - *informacje o systemie iOS 7*

- [14] <http://www.apple.com/pr/library/2014/06/02Apple-Releases-iOS-8-SDK-With-Over-4-000-New-APIs.html> - *informacje o systemie iOS 8*
- [15] <http://www.apple.com/pr/library/2015/06/08Apple-Previews-iOS-9.html> - *informacje o systemie iOS 9*
- [16] <https://github.com/apple/swift-evolution/blob/master/proposals/0005-objective-c-name-translation.md> - *informacje o poprawieniu kompatybilności Swift z Objective-C*
- [17] <http://www.apple.com/pr/library/2016/06/13Apple-Previews-iOS-10-The-Biggest-iOS-Release-Ever.html> - *informacje o systemie iOS 10*
- [18] Czaplicki, Evan (Apr 2012), Elm: Concurrent FRP for Functional GUIs (PDF) (thesis), Harvard - *pierwsze wzmianki o programowaniu reaktywnym*
- [19] <http://www.introtorx.com/content/v1.0.10621.0/00foreword.html> - *wypuszczenie biblioteki Reactive Extensions*

Rozdział 5

PODSUMOWANIE