**Univerzitet u Beogradu**

**Matematički fakultet**

**Komparativna analiza modernih tehnologija u razvoju Android aplikacija**

Master rad

**Kandidat: Mentor:**

Stefan Bačević Prof. dr Vladimir Filipović

**Uvod**

Android je operativni sistem zasnovan na Linux jezgru, razvijen od strane kompanije Google primarno za mobilne uređaje. Od inicijalnog predstavljanja 2008. godine stekao je ogromnu popularnost i danas je najzastupljeniji mobilni operativni sistem na tržištu. Sa sve većom upotrebom različitih mobilnih uređaja kao i nastojanjem da Android bude operativni sistem koji će pokretati najrazličitije uređaje u okviru interneta stvari (eng. Internet of things) možemo očekivati da se trend rasta udela Androida na tržištu nastavi.

Uprkos svemu tome razvijanje aplikacija za Android je i dalje mlada oblast računarstva koja se razvija veoma brzo. Programeri su “u hodu” otkrivali kako najbolje da primene postojeće šablone u programiranju na novi kontekst i uporedo sa tim su se razvijali alati i biblioteke koji pojednostavljuju i ubrzavaju programiranje Android aplikacija. Vremenom je pređen put od aplikacija čija je sva logika sadržana u aktivnostima aplikacije (eng. Activity) preko korišćenja Model-pogled-kontroler šablona (eng. Model-View-Controller, u daljem tekstu MVC) sve do danas aktuelnih šablona Model-kontroler-prezenter (eng. Model-View-Presenter, u daljem tekstu MVP) i Model-Pogled-Pogled-Model (eng. Model-View-View-Model, u daljem tekstu MVVM). Zbog sve složenijih projekata a prateći SOLID[[1]](#footnote-1) princip inverzije kontrole započeto je korišćenje bilblioteka koje omogućavaju umetanje zavisnosti kao što su RoboGuice i Dagger.

U okviru rada biće kreirana i aplikacija otvorenog koda “Movie Master“ koja će pored pomenutih arhitekturalnih šablona i biblioteka predstaviti još i reaktivni način programiranja i njegovu podršku u Androidu kroz RxAndroid kao i podršku za Javu 8. Takođe će biti predstavljene i biblioteke “Butter Knife” za povezivanje promenljivih u Java kodu sa komponentama u xml-u preko anotacija, “Stetho“ koja olakšava pronalaženje i otklanjanje grešaka i „Fabric“ platforma za praćenje i analitiku. Aplikacija će služiti za pregled informacija o filmovima, korisniku će se predstaviti lista filmova koju može da pretražuje a klikom na željeni film prikazaće mu se dodatne informacije i imaće mogućnost da ga sačuva u personalizovanu listu, podeli i oceni. Na taj način će, pored teorijske analize i komparacije različitih tehnologija, biti prikazana i njihova implementacija u realnom okruženju i praktična primena u rešavanju najčešće viđenih problema u razvoju Android aplikacija. Aplikacija će težiti da bude razvijena u skladu sa dobrim praksama i da samim tim bude testabilna, modularna i jednostavna za buduće održavanje i eventualne izmene.

Cilj rada je da svaka od ovih tehnologija će biti sagledana i analizirana iz različitih perspektiva pri čemu će biti istaknute pozitivne i negativne strane i napravljeno kritičko poređenje sa osvrtom na neka ranija rešenja. Shodno tome rad će predstavljati svojevrsno istraživanje najkorišćenijih modernih tehnologija u razvoju Android aplikacija.

**Model-Pogled-Prezenter**

Model-Pogled-Prezenter je arhitekturalni šablon, nastao iz Model-Pogled-Kontroler šablona, koji se najviše koristi za kreiranje korisničkog interfejsa. MVP šablon se pojavljuje prvi put početkom 90-ih godina u kompaniji Taligent kao osnova za razvoj aplikacija u njihovom objektno orijentisanom CommonPoint razvojnom okruženju. Kasnije je ovaj šablon upotrebljen za kreiranje osnove za Dolphin Smalltak korisnički interfejs dok je 2006. Microsoft uveo MVP u dokumentaciju i primere za programiranje korisničkih interfejsa u .NET razvojnom okviru.

Glavne motivacije za uvođenje MVP šablona je podela odgovornosti u prezentacionoj logici, viši stepen modularnosti koda i mogućnost automatskog testiranja koda. Sa početkom razvoja Android operativnog sistema većina programera je gotovo celu logiku aplikacije pisala u aktivnostima aplikacije. Pokazalo se da su takve aplikacije jako teške za održavanje jer je prezentaciona logika usko povezana sa biznis logikom i modelom, pored toga automatsko testiranje aplikacija je gotovo nemoguće. Nakon toga je popularnost stekao Model-Pogled-Kontroler (MVC) šablon. Kod MVC šablona imamo tri komponente:

* Statičan pogled koji u sebi nema nikakvu logiku i koji ne čuva stanje. Pogled je u Androidu uglavnom implementiran u okviru statičnih resursnih xml datoteka.
* Model koji je zadužen za dohvatanje i čuvanje podataka. U konkretnoj implementaciji u modelu može biti komunikacija sa bazom ili pozivanje eksternog servisa, takođe u modelu je implementirana i biznis logika aplikacije.
* Kontroler implementira neophodne transformacije podataka za prikaz, pored toga kontroler može biti deljen između više pogleda i kontroliše koji će pogled biti prikazan. U Androidu kontroler je uglavnom implementiran u okviru aktivnosti.

Iako je ovaj šablon doneo izvesnu modularnost i podelu odgovornosti i dalje je u određenoj meri postojala spregnutost između prikaza i modela i biznis logike što se odražavalo na otežano pisanje automatskih testova.

Kod Model-Pogled-Prezenter šablona slično kao kod MVC šablona imamo tri komponente:

* Model – model ima potpuno istu ulogu i implementaciju kao kod MVC šablona. On služi za dohvatanje podataka i biznis logiku aplikacije, za razliku od MVC šablona, model je potpuno nezavisan od prikaza.
* Pogled – pogled je odgovoran za predstavljanje podataka i za prihvatanje interakcije korisnika. Poželjno je da pogled služi samo za jednostavan prikaz podataka koje dobije od prezentera kao i prosleđivanju korisničkih interakcija prezenteru i da u sebi sadrži što manje logike. Pogled najčešće implementiraju aktivnosti i fragmenti aplikacije.
* Prezenter – prezenter zahteva podatke od modela, vrši transformacije nad podacima tako da budu pogodni za prikaz, kontroliše prikaz i reaguje na korisničku interakciju. Za svaki pogled postoji poseban prezenter.

Pošto su pogled i prezenter usko povezani oni moraju da imaju referencu jedan ka drugom a sa druge strane je potrebno da budu modularni radi automatskog testiranja ili potpune zamene jednog od ta dva sloja. Iz tog razloga oni su abstrahovani i implementiraju interfejse koji služe kao svojevrsni “dogovor” između ta dva sloja i čine kod čitljivijim.



Model-Pogled-Prezenter shema

**Implementacija**

Postoji više načina za implentaciju MVP šablona, iako je ideja u osnovi identična, za određene slučajeve je bolje koristiti implementaciju ovog šablona sa izvesnim manjim izmenama. Implementacija koja će biti predstavljena je zasnovana na preporukama kompanije Google i prilagođena potrebama aplikacije.

Uzmimo sledeći scenario za primer na kome će biti pokazana implementacija MVP šablona. U aplikaciji koju razvijamo potrebno je dohvatiti podatke preko mreže sa REST servisa i prikazati podatke u listi na android uređaju. Na osnovu te liste korisnik će kasnije moći da pregleda detalje o filmovima, da favorizuje određene filmove, pretraži listu itd. Međutim za početak želimo samo da predstavimo listu gde će za svaki film biti prikazan naslov, godina premijere, ocena i poster. U skladu sa realističnim produkcionim scenariom potrebno je i da se omogući relativno jednostavno i brzo menjanje servisa za podatke kao i celokupnog prikaza liste. Takođe je potrebno da arhitektura aplikacije omogućava automatsko testiranje.

Za potrebe aplikacije razvijen je REST server u NodeJS-u radi nezavisnosti od spoljnih servisa kao i zbog veće kontrole nad resursima i boljeg predstavljanja bitnih koncepta. NodeJS je izabran kao jezik servera prevashodno zbog brzine i lakoće razvijanja jednostavnih servisa. Kada klijent uputi GET zahtev servisu na putanji /all servis će vratiti listu JSON objekata u sledećem formatu:

**{**

"id"**:** "1"**,**

"name"**:** "The Shawshank Redemption"**,**

"year"**:** 1994**,**

"rating"**:** 9.2**,**

"poster"**:**"/posters/1.jpg"

**}**

Gde je polje "poster" zapravo statička relativna putanja do resursa u vidu slike. Na klijentu će se koristiti biblioteke Dagger 2 za umetanje zavisnosti kao i OkHttp, Retrofit i Jackson za dovlačenje i parsiranje podataka i ReactiveX za reaktivnu obradu podataka. U daljem radu će biti objašnjena funkcija svake od ovih biblioteka i obrazloženo njihovo korišćenje, međutim za razumevanje MVP šablona nije neophodno detaljno poznavanje ovih biblioteka tako da će se preći na implementaciju.

Klasa MainMovieListModel će poslužiti kao model za listu filmova koju prikazujemo odnosno služiće za dohvatanje liste filmova sa servisa. Ova klasa je potpuno nezavisna od prezentera i pogleda. Jedina metoda koju će pozivati prezenter iz ove klase ima potpis Observable**<**List**<**Movie**>>** loadMovies**()**. Ova metoda je mogla vraćati i listu Movie objekta ali zbog kasnijeg demonstriranja reaktivnog načina programiranja metoda će vraćati Observable objekat nad listom filmova. Ukratko ovde je u okviru ReactiveX biblioteke implementiran posmatrač šablon (eng. Observer pattern), gde imamo objekat koji se posmatra (eng. Observable), koji je u ovom slučaju lista filmova, dok će metoda u prezenteru sa potpisom void loadMovies**()** pozivati istoimenu metodu iz modela i “osluškivati” i reagovati na sve promene koje se dešavaju nad listom filmova. Pored toga dobra je praksa da ni prezenter ni pogled ne čuvaju stanja i da se na taj način životni ciklus aktivnosti pojednostavi, iz tog razloga će u okviru modela biti implementirano i keširanje podataka. Kada prezenter zahteva podatke on će ih uvek dobijati u istom obliku ali će se u okviru modela kontrolisati da li su to već učitani podaci ili je potrebno dovući podatke sa servera.

Pogled će biti implementiran u okviru aktivnosti MainMovieListActivity. Ono što je bitno za pogled je da je on samo pasivna komponenta čija je glavna uloga prikaz liste i ostalih komponenata, pored toga u okviru pogleda će biti kontrolisan životni ciklus aktivnosti. Bilo kakva logika će biti smeštena u okviru prezentera koji će biti umetnut u pogled. Pogled će u onResume metodi postaviti referencu prezenteru ka sebi pozivanjem metode prezenteravoid setView**(**MainMovieListContract**.**View view**)**, zatim prikazati animaciju za učitavanje liste filmova i pozivati metodu void loadMovies**()** umetnutog prezentera. Nasuprot tome u metodi onPause**()** životnog ciklusa aplikacije poziva se metoda void resetView**()** prezentera koja uklanja pogled iz prezentera da bi se izbeglo “curenje” memorije (eng. memory leak) odnosno objekat koji ne bi uklonio sakupljač smeća (eng. garbage collector).

Prezenter će u metodi loadMovies pozivati metodu umetnutog modela sa potpisom Observable**<**List**<**Movie**>>** loadMovies**()** i kada se završi učitavanje liste filmova prezenter će reagovati na to tako što će ukloniti animaciju za učitavanje pozivanjem metode void hideProgressBar**()** pogleda a zatim pozvati i metodu za prikaz liste učitanih filmova void showMovies**(**ArrayList**<**Movie**>** movies**)** koja se takođe nalazi u pogledu. U nastavku je dat kod klasa MainMovieListActivity kao i MainMovieListPresenter.

public class MainMovieListActivity **extends** Activity **implements** MainMovieListContract**.**View **{**

@Inject

MainMovieListPresenter presenter**;**

MainMovieListAdapter adapter**;**

@BindView**(**R**.**id**.**movie\_list**)**

RecyclerView movieList**;**

@BindView**(**R**.**id**.**progress\_bar**)**

ProgressBar progressBar**;**

@Override

protected void onCreate**(**@Nullable Bundle savedInstanceState**)** **{**

**super.**onCreate**(**savedInstanceState**);**

**((**MovieMaster**)** getApplication**()).**getMovieComponent**().**inject**(this);**

setContentView**(**R**.**layout**.**activity\_main\_movie\_list**);**

ButterKnife**.**bind**(this);**

LinearLayoutManager layoutManager **=** **new** LinearLayoutManager**(this);**

movieList**.**setLayoutManager**(**layoutManager**);**

**}**

@Override

protected void onResume**()** **{**

**super.**onResume**();**

presenter**.**setView**(this);**

progressBar**.**setVisibility**(**View**.**VISIBLE**);**

presenter**.**loadMovies**();**

**}**

@Override

public void hideProgressBar**()** **{**

progressBar**.**setVisibility**(**View**.**GONE**);**

**}**

@Override

protected void onPause**()** **{**

**super.**onPause**();**

presenter**.**resetView**();**

**}**

@Override

public void showMovies**(**ArrayList**<**Movie**>** movies**)** **{**

**if** **(**adapter **==** **null)** **{**

adapter **=** **new** MainMovieListAdapter**(**movies**);**

movieList**.**setAdapter**(**adapter**);**

**}** **else** **{**

adapter**.**notifyDataSetChanged**();**

**}**

**}**

**}**

public class MainMovieListPresenter **implements** MainMovieListContract**.**Presenter **{**

private MainMovieListModel mainMovieListModel**;**

private MainMovieListContract**.**View view**;**

Subscription movieSubscription**;**

public MainMovieListPresenter**(**MainMovieListModel mainMovieListModel**)** **{**

**this.**mainMovieListModel **=** mainMovieListModel**;**

**}**

@Override

public void setView**(**MainMovieListContract**.**View view**)** **{**

**this.**view **=** view**;**

**}**

@Override

public void loadMovies**()** **{**

movieSubscription **=** mainMovieListModel**.**loadMovies**()**

**.**subscribe**(new** Subscriber**<**List**<**Movie**>>()** **{**

@Override

public void onCompleted**()** **{**

Log**.**i**(**"INFO"**,** "Completed"**);**

**}**

@Override

public void onError**(**Throwable e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

**}**

@Override

public void onNext**(**List**<**Movie**>** movies**)** **{**

view**.**hideProgressBar**();**

view**.**showMovies**((**ArrayList**<**Movie**>)** movies**);**

**}**

**});**

**}**

@Override

public void resetView**()** **{**

view **=** **null;**

**}**

**}**

Pogled i prezenter će implementirati interfejse MainMovieListContract**.**View i MainMovieListContract**.**Presenter gde je MainMovieListContract interfejs koji sadrži “ugovor“ između prezentera i pogleda i koji na jednostavan način opisuje njihov odnos.

public interface MainMovieListContract **{**

interface Presenter **{**

void setView**(**MainMovieListContract**.**View view**);**

void loadMovies**();**

void resetView**();**

**}**

interface View **{**

void showMovies**(**ArrayList**<**Movie**>** movies**);**

void hideProgressBar**();**

MainMovieListContract**.**Presenter**;**

**}**

**}**

Iako ovaj interfejs nije neophodan ono što je njegova uloga je da precizno pokaže odnos između pogleda i prezentera i da omogući laku zamenu jedne od te dve komponente. Iz priloženog interfejsa možemo i bez analize implementacija zaključiti da pogled može zatražiti od prezentera da učita filmove dok prezenter sa druge strane može očekivati od pogleda da te filmove prikaže i ukloni animaciju za učitavanje. Takođe bitno je napomenuti i da svaki pogled ima odgovarajući prezenter ali moguće je koristiti isti model za više prezentera i pogleda jer više srodnih aktivnosti može biti vezano za isti set podataka.

**Zaključak**

MVP je šablon koji nam omogućava da efikasno razdvojimo prezentacionu i biznis logiku android aplikacije. Na taj način aplikacija postaje modularnija a to za posledicu ima lakše održavanje, izmene celog prezentacione sloja ili biznis logike kao i lakše automatsko testiranje. Implementacija i prakse prikazane ovde su opšte smernice za pravilnu implementaciju MVP šablona ali naravno u zavisnosti od konkretnog problema implementacija može i drugačije izgledati. MVP je najpogodniji za veće projekte, u slučaju manjih projekata, naročito onih koji nisu podložni krupnijim izmenama, vreme koje će biti potrebno za implementaciju i problemi na koje se nailazi mogu nadmašiti benefite ovakve arhitekture.

**Model-Pogled-Pogled Model**

Model-Pogled-Pogled Model (u daljem tekstu MVVM) je arhitekturalni šablon koji olakšava podelu između razvoja grafičkog korisničkog interfejsa i biznis logike. MVVM šablon je, slično kao i MVP šablon, izveden iz MVC šablona. Prvobitno je razvijen od strane Microsoft-ovih inženjera Ken Kupera i Ted Patersa sa ciljem da pojednostave programiranje korisničkih interfejsa, naročito interakciju sa korisničkim interfejsom koristeći funkcionalnosti Windows Presentation Foundation (WPF) - grafičkog sistema u .NET programskom okviru (1). Džon Gosman, jedan od arhitekta WPF-a je objavio MVVM na svom blogu 2005. godine. MVVM se takođe naziva i Model-Pogled-Povezivač (Model-View-Binder).

MVVM se sastoji od sledećih komponenata:

* **Model** – model ima potpuno istu ulogu kao i kod MVC i MVP šablona. Služi za dohvatanje podataka i biznis logiku aplikacije i nezavisan je od ostalih slojeva.
* **Pogled** – pogled je odgovoran za predstavljanje podataka. Slično kao kod MVP šablona implementacija pogleda u Androidu je u aktivnostima ili fragmentim. Ono što se razlikuje je da se iz aktivnosti ne kontrolišu komponente u xml prikazu već samo uspostavi povezivanje podataka između prikaza opisanog xml datotekom i modela pogleda. Takođe u okviru xml datoteke je moguće imati određenu logiku, međutim dobra je praksa izostaviti bilu kakvu logiku iz pogleda ili eventualno imati što jednostavniju logiku u pogledu usko vezanu za prikaz. U suprotnom može doći do velikog broja grešaka koje se teško otkrivaju i do visoke spregnutosti pogleda i logike.
* **Pogled model** – pogled model je abstrakcija pogleda u kojoj su izložene javna svojstva i komande nad pogledom. Pogled model dohvata sve neophodne podatke iz modela i zatim izlaže sve što je potrebno pogledu. Na taj način se postiže da pogled bude pasivan i da se svaka promena na podacima automatski prosleđuje ka pogledu bez potrebe da programer piše kod koji bi ažurirao pogled i bez potrebe za eksplicitnom referencom ka pogledu.
* **Povezivanje podataka** – u MVVM-u je takođe potrebna komponenta koja povezuje model pogled sa pogledom definisanim u xml datoteci. Android pruža tu mogućnost za sve verzije Androida počev od Androida 2.1 potrebno je samo omogućiti biblioteku za povezivanje podataka.



Model-Pogled Model-Pogled shema

**Implementacija u aplikaciji**

Posmatrajmo sledeći scenario, potrebno je na odabir filma iz liste odvesti korisnika na ekran koji prikazuje detalje filma. Pored toga potrebno je omogućiti korisniku dodavanje filma u listu za kasnije gledanje ili u favorite kao i mogućnost davanja sopstvene ocene filmu. Dati ekran i funkcionalnosti će biti implementirane koristeći MVVM šablon.

Za početak je potrebno omogućiti povezivanje podataka dodavanjem sledećih linija u build**.**gradle datoteku:

dataBinding **{**

enabled **=** **true**

**}**

Aktivnost će, pored xml datoteke koja opisuje izgled, predstavljati pogled. Odatle sledi da u aktivnosti je potrebno imati što manje logike, konkretno u aktivnosti će biti preuzet identifikacioni broj filma (potreban da bi se sa servisa povukli detalji filma), zatim biće kreiran pogled model i povezan sa xml datotekom koja opisuje izgled ekrana. Nakon toga će se inicirati učitavanje podataka iz pogleda modela. Pored toga u okviru pogleda biće kontrolisan životni ciklus aktivnosti.

public class MovieDetailsActivity **extends** Activity **{**

private MovieDetailsViewModel viewModel**;**

private ActivityMovieDetailsBinding binding**;**

private int movieId**;**

@Override

protected void onCreate**(**@Nullable Bundle savedInstanceState**)** **{**

**super.**onCreate**(**savedInstanceState**);**

movieId **=** getIntent**().**getIntExtra**(**Constants**.**MOVIE\_ID**,** 0**);**

**if** **(**viewModel **==** **null)** **{**

viewModel **=** **new** MovieDetailsViewModel**(**movieId**,** getApplicationContext**());**

**}**

binding **=** DataBindingUtil**.**setContentView**(this,** R**.**layout**.**activity\_movie\_details**);**

binding**.**setMovieDetailsViewModel**(**viewModel**);**

viewModel**.**loadMovieDetails**();**

**}**

@Override

protected void onDestroy**()** **{**

**super.**onDestroy**();**

viewModel**.**finishSubscriptions**();**

**}**

**}**

U modelu pogledu imamo metode koje dohvataju podatke iz modela i izlože ih tako da pogled može da ih koristi i da se promene automatski propagiraju. Pored toga u pogledu modelu su metode koje prihvataju korisničku interakciju i pozivaju metode u modelu (koji je putem Daggera umetnut u pogled model) koje npr. čuvaju film u lokalnoj bazi u tabeli omiljenih filmova. U okviru pogled modela nema biznis logike, sva logika je usko vezana za sam prikaz. U nastavku će biti prikazan deo klase MovieDetailsViewModel kao i bitni delovi izgleda ekrana opisanih u activity\_movie\_details.xml datoteci.

public class MovieDetailsViewModel **extends** BaseObservable **{**

private int movieId**;**

private Context context**;**

private Subscription subscription**;**

private MovieDetails movieDetails**;**

public final ObservableBoolean dataLoading **=** **new** ObservableBoolean**(true);**

public final ObservableBoolean isFavourite **=** **new** ObservableBoolean**(false);**

public final ObservableBoolean isInWatchlist **=** **new** ObservableBoolean**(false);**

@Inject

MovieDetailsModel model**;**

public MovieDetailsViewModel**(**int movieId**,** Context context**)** **{**

**this.**movieId **=** movieId**;**

**this.**context **=** context**;**

**((**MovieMaster**)** context**).**getMovieDetailsComponent**().**inject**(this);**

isFavourite**.**set**(**model**.**isMovieFavourite**(**movieId**));**

isInWatchlist**.**set**(**model**.**isMovieInWatchlist**(**movieId**));**

**}**

public void loadMovieDetails**()** **{**

**if** **(**movieDetails **==** **null)** **{**

subscription **=** model**.**getMovieDetails**(**movieId**)**

**.**subscribe**(new** Subscriber**<**MovieDetails**>()** **{**

@Override

public void onCompleted**()** **{**

Log**.**i**(**"INFO"**,** "Completed"**);**

**}**

@Override

public void onError**(**Throwable e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

**}**

@Override

public void onNext**(**MovieDetails newMovieDetails**)** **{**

movieDetails **=** newMovieDetails**;**

dataLoading**.**set**(false);**

notifyChange**();**

**}**

**});**

**}** **else** **{**

dataLoading**.**set**(false);**

**}**

**}**

public void finishSubscriptions**()** **{**

**if** **(!**subscription**.**isUnsubscribed**())** **{**

subscription**.**unsubscribe**();**

**}**

**}**

public void toggleFavourites**(**View view**)** **{**

**if** **(**isFavourite**.**get**())** **{**

Toast**.**makeText**(**context**,** context**.**getString**(**R**.**string**.**movie\_deleted\_from\_favourites**),** Toast**.**LENGTH\_SHORT**).**show**();**

model**.**deleteFromFavourites**(**movieId**);**

isFavourite**.**set**(false);**

**}** **else** **{**

Toast**.**makeText**(**context**,** context**.**getString**(**R**.**string**.**movie\_added\_to\_favourites**),** Toast**.**LENGTH\_SHORT**).**show**();**

model**.**addToFavourites**(**movieDetails**);**

isFavourite**.**set**(true);**

**}**

**}**

public void rateMovie**(**View view**,** float newRating**,** boolean fromUser**)** **{**

model**.**rateMovie**(**movieId**,** newRating**);**

**}**

@Bindable

public float getMyRating**()** **{**

**return** model**.**getMyMovieRating**(**movieId**);**

**}**

@Bindable

public String getName**()** **{**

**if** **(**movieDetails **!=** **null)** **{**

**return** movieDetails**.**getName**();**

**}**

**return** ""**;**

**}**

@Bindable

public String getCast**()** **{**

**if** **(**movieDetails **!=** **null** **&&** movieDetails**.**getCast**()** **!=** **null)** **{**

String cast **=** ""**;**

**for** **(**int i **=** 0**;** i **<** movieDetails**.**getCast**().**size**();** i**++)** **{**

cast **+=** movieDetails**.**getCast**().**get**(**i**);**

**if** **(**i **!=** movieDetails**.**getCast**().**size**()** **-** 1**)** **{**

cast **+=** ", "**;**

**}**

**}**

**return** cast**;**

**}**

**return** ""**;**

**}**

@Bindable

public String getRating**()** **{**

**if** **(**movieDetails **!=** **null)** **{**

**return** context**.**getResources**().**getString**(**R**.**string**.**rating**)**

**+** String**.**valueOf**(**movieDetails**.**getRating**())**

**+** "/10"**;**

**}**

**return** ""**;**

**}**

@Bindable

public Drawable getDrawable**()** **{**

**if** **(**movieDetails **!=** **null)** **{**

**return** **new** BitmapDrawable**(**context**.**getResources**(),** movieDetails**.**getPosterBitmap**());**

**}**

**return** **null;**

**}**

**}**

Posmatrajmo način povezivanja između podataka i prikaza, u modelu pogledu su podaci izloženi na tri načina (2). Prvi način je preko polja koja se posmatraju (eng. Observable fields) kao što je npr. ObservableBoolean isFavourite. Ono što je značajno je da ovo polje mora biti deklarisano kao javno i finalno jer se u pogledu detektuje samo promena u vrednosti polja a ne u samom polju (3). Vrednost ovog polja se inicijalizuje prilikom kreiranja modela pogleda pozivanjem metoda iz modela koja proverava da li je film favorizovan, odnosno da li se nalazi u lokalnoj bazi omiljenih filmova. Takođe ako korisnik klikne na dugme koje služi za dodavanje ili uklanjanje iz favorita poziva se metoda public void toggleFavourites**(**View view**)** koja pored uklanjanja ili dodavanja u omiljene filmove takođe i menja vrednost polja isFavourite. Promena vrednosti polja se automatski oslikava na pogledu. Relevantni elementi XML koda vezani za čitanje vrednosti promenljive kao i za pozivanje metode su dati u nastavku.

<data>

<import type=**"android.view.View"** />

<variable

name=**"movieDetailsViewModel"**

type=**"com.master.movie.moviemaster.moviedetails.MovieDetailsViewModel"** />

</data>

XML element gde je definisana promenljiva koja predstavlja pogled model.

<Button

android:id=**"@+id/add\_to\_favourites"**

android:layout\_width=**"0dp"**

android:layout\_height=**"48dp"**

android:layout\_marginEnd=**"8dp"**

android:layout\_marginLeft=**"24dp"**

android:layout\_marginRight=**"8dp"**

android:layout\_marginStart=**"24dp"**

android:layout\_marginTop=**"16dp"**

android:background=**"@color/colorPrimary"**

android:onClick=**"@{movieDetailsViewModel::toggleFavourites}"**

android:text=**"@{movieDetailsViewModel.isFavourite ? @string/remove\_from\_favourites : @string/add\_to\_favourites}"**

android:textColor=**"@color/white"**

android:textSize=**"14sp"**

app:layout\_constraintHorizontal\_bias=**"1.0"**

app:layout\_constraintLeft\_toRightOf=**"@+id/poster"**

app:layout\_constraintRight\_toRightOf=**"parent"**

app:layout\_constraintTop\_toBottomOf=**"@+id/rating"** />

XML element koji predstavlja dugme na čiji se klik dodaje ili briše film iz liste omiljenih. Primetimo da natpis na dugmetu zavisi od promenljive isFavourite i da se na klik poziva metoda iz pogleda modela.

Drugi način je preko objekata koji se posmatraju (eng. Observable objects). Klasa koja implementira Observable interfejs dozvoljava vezivanje i osluškivanje objekta i promena bilo kog njegovog svojstva. Observable interfejs poseduje mehanizme za dodavanje i uklanjanje osluškivanja objekta, ali samo obaveštavanje o promena nad objektom ostaje na programeru. Da bi se olakšao razvoj kreirana je klasa BaseObservable koja implementira mehanizme za registraciju osluškivanja objekta. Svaki objekat koji se posmatra ima svoj getter koji je obeležen anotacijom @Bindable.

Klasa MovieDetailsViewModel nasleđuje klasu BaseObservable i sadrži mnogo polja koja se posmatraju. Posmatrajmo na primer objekat name koje ima getter označen sa @Bindable. Međutim kada korisnik dođe na stranicu sa detaljima filma, objekat nije inicijalizovan jer se tek u tom trenutku poziva REST servis koji vraća detalje filma u JSON formatu, iz tog razloga se u metodi loadMovieDetails**()** poziva metoda notifyChange**()** (moguće je pozivati i metodu notifyPropertyChanged**()** koja kao argument prima objekat i obaveštava samo o promenama tog objekta). Dat je XML element koji ispisuje ime filma u formatu ime(godina) gde je i godina povezana na isti način kao i ime filma.

<TextView

android:id=**"@+id/header"**

tools:text=**"Shawshank Redemption (1994)"**

android:text=**"@{movieDetailsViewModel.name + ` (` + movieDetailsViewModel.year + ')'}"**

android:textAlignment=**"center"**

android:gravity=**"center"**

android:layout\_gravity=**"center"**

android:textColor=**"@color/white"**

android:layout\_width=**"wrap\_content"**

android:layout\_height=**"match\_parent"**

android:textSize=**"21sp"**/>

Treći način povezivanja je kroz kolekcije koje se posmatraju (eng. Observable Collections). Ove kolekcije su najsličnije mapama sa ključ-vrednost parovima i mogu da se posmatraju na sličan način kao i polja koja se posmatraju.

Model će imati istu ulogu kao u MVP šablonu. Biće potpuno nezavisan od prikaza i njegova glavna uloga će biti da sa servisa primi podatke o detaljima filma što će izvršavati metoda sa potpisom Observable**<**MovieDetails**>** getMovieDetails**(**int movieId**),** slično kao i kod modela u MVP arhitekturi i ova metoda će biti implementirana koristeći RxJavu. Pored toga sadržaće i metode koje su su potrebne za komunikaciju sa bazom, kao što je dodavanje u listu omiljenih filmova, brisanje iz date liste, ocenjivanje filma itd. U nastavku su dati bitniji delovi koda modela.

public class MovieDetailsModel **{**

DBHelper dbHelper**;**

ApiServiceWrapper apiServiceWrapper**;**

public MovieDetailsModel**(**ApiServiceWrapper apiServiceWrapper**,** DBHelper dbHelper**)** **{**

**this.**apiServiceWrapper **=** apiServiceWrapper**;**

**this.**dbHelper **=** dbHelper**;**

**}**

public Observable**<**MovieDetails**>** getMovieDetails**(**int movieId**)** **{**

Log**.**d**(**"MyDebug"**,** "getMovieDetails"**);**

**return** Observable**.**create**((**Observable**.**OnSubscribe**<**MovieDetails**>)** subscriber **->**

MovieDetailsModel**.this.**getMovieDetailsSub**(**subscriber**,** movieId**))**

**.**doOnNext**(**movieDetails **->** apiServiceWrapper**.**getPoster**(**movieDetails**))**

**.**observeOn**(**AndroidSchedulers**.**mainThread**())**

**.**subscribeOn**(**Schedulers**.**io**());**

**}**

private void getMovieDetailsSub**(**Subscriber**<?** **super** MovieDetails**>** subscriber**,** int movieId**)** **{**

**try** **{**

subscriber**.**onNext**(**apiServiceWrapper**.**getMovieDetails**(**movieId**));**

subscriber**.**onCompleted**();**

**}** **catch** **(**Exception e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

subscriber**.**onError**(**e**);**

**}**

**}**

public void addToFavourites**(**MovieDetails movieDetails**)** **{**

dbHelper**.**insertMovieToFavourites**(**movieDetails**);**

**}**

public void rateMovie**(**int movieId**,** float newRating**)** **{**

dbHelper**.**rateMovie**(**movieId**,** newRating**);**

**}**

public boolean isMovieFavourite**(**int movieId**)** **{**

**return** dbHelper**.**isMovieFavourite**(**movieId**);**

**}**

public void deleteFromFavourites**(**int movieId**)** **{**

dbHelper**.**removeFromFavourites**(**movieId**);**

**}**

**}**

**Zaključak i poređenje MVP i MVVM šablona**

MVVM je šablon koji je, kao i MVP, jako dobar za razdvajanje biznis logike i podataka od prikaza. To doprinosi čistijem kodu, lakšem održavanju i lakšem testiranju. Naravno ni ovaj šablon ne rešava sve probleme i ima svojih nedostataka. U odnosu na MVP model pozitivno je to što je povezivanje podataka i ažuriranje pogleda jednostavnije i u pogledu modelu ne postoji nikakva referenca ka pogledu, za razliku od prezentera koji ima referencu ka pogledu i gde je programer odgovoran za ažuriranje podataka. Takođe je moguće imati i više pogleda modela za jedan pogled što može biti korisno u pojedinim situacijama. Međutim MVVM zahteva uključivanje povezivanja podataka i može imati kod u okviru XML pogleda. Ovo može dovesti do gomilanja koda vezanog za prikaz u okviru XML datoteke, pored toga što je taj kod “skriven” od programera, on je i praktično nemoguć za otkrivanje grešaka naročito alatima dostupnim u razvojnom okruženju. Iz tog razloga treba biti pažljiv i strogo izbegavati složeniju logiku u pogledu. Još jedna prednost MVP šablona je što programer ne mora imati iskustva sa bibliotekom za povezivanje podataka što dozvoljava bržu početnu primenu implementacije šablona.

Bitno je istaći da oba šablona imaju svojih dobrih i loših strana, na kraju se izbor svodi na lične preferencije programera. Trenutno je trend okrenut više ka MVP šablonu. Ono što je i bitnije od izbora šablona je praćenje smernica dobrog dizajna i jasno razgraničavanje slojeva aplikacije. Ako je to ispoštovano prilikom kreiranja onda će i benefiti ova dva šablona biti gotovo jednaki. Moguće je čak, u zavisnosti od konkretne situacije, i koristiti MVP šablon za aktivnost aplikacije gde je konkretnu funkcionalnost lakše implementirati tako i MVVM za neku drugu aktivnost, kao što je urađeno u okviru aplikacije MovieMaster.

**Android i Java 8**

Android koristi Java programski jezik za razvijanje aplikacija, međutim Android ima sopstveni Android SDK[[2]](#footnote-2) gde koristi Java sintaksu i semantiku ali ne prati Java SE[[3]](#footnote-3) ili ME[[4]](#footnote-4) standarde što rezultuje time da aplikacije napisane za te platforme i za Android platformu nisu kompatibilne. Pored toga Android nema sve klase i API-je koje su deo Jave SE ili ME dok poseduje dodatne API-je i klase potrebne za razvoj Android aplikacija. Takođe koristi i sopstvenu virtuelnu mašinu - ART[[5]](#footnote-5) ili, na starijim verzijama Androida, Dalvik virtuelnu mašinu. Android SDK trenutno uključuje podršku za većinu Java 7 funkcionalnosti ali nema zvanične podrške za Java 8 funkcionalnosti.

Do marta 2017. godine Google je omogućio programerima da koriste Jack kompilator i alate koji idu uz njega da bi kompilirao Java 8 kod u Android dex bajtkod. Bilo je lako uključiti Jack kompilator u projekat međutim vreme kompilacije je bilo jako dugo što se pokazalo nepraktično pri svakodnevnom radu. Google je najavio da će u okviru Android Studija 3.0 dodati podršku za kompilaciju Java 8 koda dok je Jack kompilator proglašen zastarelim. Najbitnije funkcionalnosti Jave 8 koje će biti podržane u okviru Android Studija 3.0 su lambda izrazi, reference na metode, anotacije tipova, anotacije koje se ponavljaju i predefinisane i statičke metode interfejsa koje će biti podržane počev od Android API nivoa 24. Pored toga Java API-ji koji će biti podržani počev od Android API nivoa 24 su: java**.**util**.**stream**,** java**.**util**.**function**,** java**.**lang**.**FunctionalInterface**,** java**.**lang**.**annotation**.**Repeatable**,** java**.**lang**.**reflect**.**AnnotatedElement**.**getAnnotationsByType**(**Class**),** java**.**lang**.**reflect**.**Method**.**isDefault**().**

Pošto u projektu koristimo RxAndroid, koji se oslanja na Java 8 lambda izraze radi čitljivijeg zapisa, potrebno nam je rešenje koje je trenutno trenutno podržano i omogućava korišćenje Java 8 lambda izraza. Biblioteka koja nam omogućava to i koju će biti uključena u projekat je Retrolambda. Da bismo je koristili potrebno je samo dodati sledeće linije u gradle.build fajl.

buildscript {

repositories {

mavenCentral()

}

dependencies {

classpath 'me.tatarka:gradle-retrolambda:3.6.1'

}

}

repositories {

mavenCentral()

}

apply plugin: 'com.android.application'

apply plugin: 'me.tatarka.retrolambda'

compileOptions {

targetCompatibility 1.8

sourceCompatibility 1.8

}

**Reaktivno programiranje u Androidu**

Reaktivno programiranje je paradigma programiranja orijentisana oko tokova podataka i propagiranja promena. U reaktivnim programskim jezicima moguće je sa lakoćom manipulisati tokovima podataka i propagirati promene nad tim podacima kroz programski tok. Na primer, u imperativnim programskim jezicima izraz a **=** b **+** c bi jednostavno označavao da je promenljivoj a dodeljena vrednost izraza b **+** c ako bi se potom vrednost promenljive b ili c promenila to ne bi uticalo na vrednost promenljive a. Nasuprot tome u reaktivnoj paradigmi vrednost promenljive a bi se automatski ažurirala pri promeni neke od promenljivih b ili c.

Postavlja se pitanje kakvu bi primenu reaktivno programiranje moglo imati u razvoju Android aplikacija? Problem koji se često sreće u Android aplikacijama su promenljivi podaci koje aplikacija dobija sa servisa i koje zatim mora u realnom vremenu da prikaže. Tu se kao prirodno rešenje uz razmatrane arhitekturalne šablone nameće i reaktivno programiranje koje pojednostavljuje asinhrone pozive ka servisima kao i ažuriranje prikaza. Međutim za programiranje Android aplikacija koristi se programski jezik Java koji nije reaktivni programski jezik. Reaktivne ekstenzije (poznate kao ReactiveX) je skup alata koje dozvoljavaju imperativnim programskim jezicima da manipulišu nad tokovima podataka i događajima na reaktivan način. ReactiveX je kombinacija šablona posmatrača (eng. Observer pattern), iterator šablon (eng. Iterator pattern) kao i funkcionalnog programiranja. Implementacija ReactiveX-a koja se koristi za Javu je RxJava dok je implementacija za Android koja je jako slična RxJavi RxAndroid, obe implementacije su otvorenog koda.

**RxAndroid**

Osnovni gradivni elementi reaktivnog programiranja su emiter[[6]](#footnote-6) (eng. Observable) i pretplatnik[[7]](#footnote-7) (eng. Subscriber). Glavna uloga emitera je da emituje podatke dok pretplatnik te podatke prima i reaguje na promene podataka. Emiter emituje određeni broj objekata a zatim završava emitovanje uspešno ili usled neke greške koja se javila. Sa druge strane za svakog pretplatnika kog ima emiter poziva njegovu metodu Subscriber**.**onNext**()** onoliko puta koliko ima objekata a nakon toga poziva se Subscriber**.**onComplete**()** pri uspešnom završetku emitovanja ili Subscriber**.**onError**()** kada dođe do neke greške.

Postepeno i kroz primere biće prikazani najbitniji koncepti i najkorišćeniji operatori u RxAndroidu. Prvo kreirajmo emiter:

**new** Observable**.**OnSubscribe**<**String**>()** **{**

@Override

public void call**(**Subscriber**<?** **super** String**>** sub**)** **{**

sub**.**onNext**(**"Hello, world!"**);**

sub**.**onCompleted**();**

**}**

**}**

**);**

Emiter emituje nisku "Hello, world!" a zatim završava emitovanje. Kreirajmo sada i pretplatnika:

Subscriber**<**String**>** mySubscriber **=** **new** Subscriber**<**String**>()** **{**

@Override

public void onNext**(**String s**)** **{** System**.**out**.**println**(**s**);** **}**

@Override

public void onCompleted**()** **{** **}**

@Override

public void onError**(**Throwable e**)** **{** **}**

**};**

Sada kada imamo pretplatnika i emitera ako ih spojimo dobićemo odštampano "Hello, world!" .

myObservable**.**subscribe**(**mySubscriber**);**

Pokušaćemo da pojednostavimo kod, postoji operator Observable**.**just**()** koji emituje jedan objekat a zatim se završava isto kao u prethodni kod.

Observable**<**String**>** myObservable **=** Observable**.**just**(**"Hello,world!"**);**

Možemo pojednostaviti i kod vezan za pretplatnika. Jedino što je tu bitno je onNext**()** metoda tako da možemo da je izdvojimo.

Action1**<**String**>** onNextAction **=** **new** Action1**<**String**>()** **{**

@Override

public void call**(**String s**)** **{**

System**.**out**.**println**(**s**);**

**}**

**};**

Metoda Observable**.**subscribe**()** može umesto pretplatnika kao argument da primi akcije onNext**()**, onError**()** i onComplete**()** ali takođe može primiti samo onNext**()** akciju**.** Kada to uzmemo u obzir dobijamo:

myObservable**.**subscribe**(**onNextAction**);**

Odnosno kada spojimo kod za emiter i pretplatnika u jedan izraz dobijamo:

Observable**.**just**(**"Hello, world!"**)**

**.**subscribe**(new** Action1**<**String**>()** **{**

@Override

public void call**(**String s**)** **{**

System**.**out**.**println**(**s**);**

**}**

**});**

A kada još na to primenimo Java 8 lambda izraze imamo:

Observable**.**just**(**"Hello, world!"**)**

**.**subscribe**(**s **->** System**.**out**.**println**(**s**));**

Pretpostavimo da želimo da nadovežemo još jednu nisku na postojeću. To bismo mogli da učinimo na više načina, na primer mogli bismo da nadovežemo nisku u emiteru ili u pretplatniku. Ali umesto nadovezivanja niske mogli bismo da imamo bilo koju drugu složeniju transformaciju emitovanih podataka. Za to je pogodno izdvojiti tu logiku. Postoji operator map**()** koji prihvata emitovane objekte i transformiše ih. Pritom transformisan objekat uopšte ne mora biti istog tipa kao originalan objekat, npr. Može prihvatiti nisku i vratiti njenu heš kod u obliku celobrojne vrednosti.

Observable**.**just**(**"Hello, world!"**)**

**.**map**(**s **->** s **+** " Hello!"**)**

**.**subscribe**(**s **->** System**.**out**.**println**(**s**));**

Takođe možemo nadovezivati više map**()** operatora.

Observable**.**just**(**"Hello, world!"**)**

**.**map**(**s **->** s **+** " Hello!"**)**

**.**map**(**s **->** s**.**hashCode**())**

**.**map**(**i **->** Integer**.**toString**(**i**))**

**.**subscribe**(**s **->** System**.**out**.**println**(**s**));**

Pretpostavimo sada da imamo metodu koja vraća emiter liste url-ova na osnovu upita.

Observable**<**List**<**String**>>** query**(**String text**);**

Želimo da odštampamo svaki od datih url-ova, to možemo učiniti na sledeći način :

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**subscribe**(**urls **->** **{**

**for** **(**String url **:** urls**)** **{**

System**.**out**.**println**(**url**);**

**}**

**});**

Međutim na ovaj način ne možemo da koristimo operator map**()**za transformaciju url-ova, moguće je jedino transformisati u okviru pretplatnika što nam često ne odgovara jer je uloga pretplatnika često samo da ažurira prikaz informacija i zato se često izvršava na glavnoj niti. Postoji operator Observable**.**from**()** koji prima kolekciju objekata i emituje ih jednog po jednog, tako da možemo transformisati postojeći izraz:

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**subscribe**(**urls **->** **{**

Observable**.**from**(**urls**)**

**.**subscribe**(**url **->** System**.**out**.**println**(**url**));**

**});**

Ovim smo dobili ugnježdene emitere što je teško za održavanje i sklono greškama programera. Postoji operator Observable**.**flatMap**()** koji prima objekte emitovane jednog emitera, transformiše svakog od njih u emitera a zatim emitovanja svakog od tih emitera spaja u jedno emitovanje (odnosno sekvencu svih emitovanih objekata različitih emitera). Kada primenimo to na naš slučaj dobijamo:

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**flatMap**(new** Func1**<**List**<**String**>,** Observable**<**String**>>()** **{**

@Override

public Observable**<**String**>** call**(**List**<**String**>** urls**)** **{**

**return** Observable**.**from**(**urls**);**

**}**

**})**

**.**subscribe**(**url **->** System**.**out**.**println**(**url**));**

Kada to pojednostavimo lambda izrazima imamo:

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**flatMap**(**urls **->** Observable**.**from**(**urls**))**

**.**subscribe**(**url **->** System**.**out**.**println**(**url**));**

Ono što je ovde ključno je da umesto liste url-ova sada pretplatnik dobija jedan po jedan url koji štampa. Iako na prvi pogled ovaj način rešavanja problema deluje nepotrebno komplikovan, sada dolazimo do benefita koje donosi. Recimo da imamo metodu Observable**<**String**>** getTitle**(**String URL**);** koja na osnovu url-a vraća naziv vebsajta ili null ako sajt nije pronađen. Ako bismo rešavali problem na tradicionalni način imali bismo asinhroni poziv koji bi dovlačio listu url-ova a zatim u njemu ugnježdene nove asinhrone pozive za naslov svakog od url-ova. Na taj način izbegavamo sinhronizovanje više poziva i sve probleme koji mogu tu da se jave. Sa RxAndroidom imaćemo:

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**flatMap**(**urls **->** Observable**.**from**(**urls**))**

**.**flatMap**(**url **->** getTitle**(**url**))**

**.**subscribe**(**title **->** System**.**out**.**println**(**title**));**

Pretpostavimo da još želimo da izbacimo null, da prikažemo samo prvih 5 naslova i da pritom ih sačuvamo na disku. Sve to možemo na sledeći način:

query**(**"Hello, world!"**)**

**.**flatMap**(**urls **->** Observable**.**from**(**urls**))**

**.**flatMap**(**url **->** getTitle**(**url**))**

**.**filter**(**title **->** title **!=** **null)**

**.**take**(**5**)**

**.**doOnNext**(**title **->** saveTitle**(**title**))**

**.**subscribe**(**title **->** System**.**out**.**println**(**title**));**

Gde operator filter**()** vraća iste objekte koje prima ali samo ako zadovoljavaju logički uslov. Operator take**()** emituje najviše onoliko objekata koliko je navedeno. Operator doOnNext**()** nam omogućava da svaki put kada se objekat emituje izvršimo neku akciju, u ovom slučaju sačuvamo naziv.

Značajno je pomenuti da ako bilo koja od metoda u operatorima baca potencijalnu grešku, u samim operatorima ne moramo da je hvatamo i reagujemo na nju već je dovoljno da to učinimo u Subscriber**.**onError**()** metodi. Na taj način imamo centralizovano mesto za hvatanje i reagovanje na greške. Ono što je takođe korisno je to što operator Observable**.**subscribe**()** vraća objekat tipa Subscription ako iz bilo kog razloga želimo da pretplatnik više ne prati ono što emiter emituje možemo pozvati subscription**.**unsubscribe**()**, na taj način ne samo da pretplatnik neće pratiti šta se dalje emituje već će i prekinuti lanac izvršavanja operatora, odnosno programer ne mora da da piše dodatni kod da bi na siguran način prekinuo izvršavanje operatora.

U programiranju Android aplikacija naročito je bitno da se svi pozivi ka mreži, skupa izračunavanja i sične operacije koje mogu da traju određeni vremenski period, ne obavljaju na glavnoj niti da ne bi blokirale prikaz. Iz tog razloga je bitno da se takve operacije i u reaktivnom programiranju obavljaju van glavne niti ali da se pritom ažuriranje prikaza obavlja na glavnoj niti.Operator subscribeOn**()** služi da odredi na kojoj će niti emiter emitovati i vršiti transformacije nad podacima, sa druge strane operator observeOn**()** određuje nit na kojoj će se slati notifikacije pretplatniku. Uobičajno je da se cela komputacija i komunikacija sa mrežom obavljaju na glavnoj niti dok se slanje notifikacije obavlja na glavnoj niti, na taj način se postiže da prikaz nikada nije “zamrznut” a sa druge strane su na prikazu uvek najsvežije informacije. Primer dohvatanja slike sa mreže na niti za ulaz/izlaz i prikazivanja na glavnoj niti:

service**.**getImage**(**url**)**

**.**subscribeOn**(**Schedulers**.**io**())**

**.**observeOn**(**AndroidSchedulers**.**mainThread**())**

**.**subscribe**(**bitmap **->** myImageView**.**setImageBitmap**(**bitmap**));**

Pored pomenutih RxAndroid pruža još mnoštvo drugih operatora za najrazličitije operacije nad podacima ali naravno RxAndroid nije rešenje za sve probleme na koje se nailazi u razvoju Android aplikacija i ne treba da se koristi u svakoj situaciji. Neki od problema koja se najčešće javljaju u implementaciji su povezani sa životnim ciklusom aplikacije. Naime pri promeni orijentacije ekrana ili pri prebacivanju aplikacije u pozadinu a zatim ponovnom vraćanju u fokus, pretplatnik ponovo osluškuje emitera što dovodi do ponovnog izvršavanja koda emitera, što može biti skupa operacija dohvatanja podataka sa mreže ili iz baze. Rešenje za ovo je keširanje podataka, na taj način se mogu koristiti keširani podaci i izbeći skupi pozivi. Drugi problem u vezi životnog ciklusa koji se javlja je curenje memorije pri prebacivanju aplikacije u pozadinu jer emiter zadržava Context aplikacije. Iz tog razloga je potrebno da svi pretplatnici u onDestroy**()** metodi životnog ciklusa pozovu prestanu da prate emitera tako što se nad njima poziva metoda unsubscribe**().** Na taj način se oslobođa referenca ka emiteru da bi sakupljač smeća mogao da ukloni objekat iz memorije. Za razliku od problema sa životnim ciklusom, problem za koji ne postoji jednostavno rešenje je ukoliko emiter emituje podatke brže nego što ih pretplatnik ili operator obrađuju. Takva situacija dovodi do nagomilavanja podataka na baferu i do iscrpljivanja sistemskih resursa. Postoje različite strategije za rešavanje ovog problema kao i operatori koji se koriste za to. Na svu sreću ovaj problem nije karakterističan za Android, najviše zbog toga što se u savremenom programiranju Android aplikacija teži tome da klijent bude što lakši dok se sva zahtevna logika premešta na server.

**Implementacija**

U aplikaciji MovieMaster imamo zadatak da prvo učitamo sa mreže listu filmova a zatim za svaki od filmova iz liste učitamo sa statičke adrese na serveru poster za taj film. Pored toga potrebno je i da keširamo podatke i da na taj način izbegnemo nepotrebne i skupe pozive ka servisu.

Razmotrimo prvo rešavanje ovog problema na standardan način, koristeći asinhrone pozive. Za tu svrhu se koristi klasa AsyncTask koja služi za izvršavanje skupih operacija u pozadini i ažuriranje prikaza na glavnoj niti. Asinhroni poziv je definisan sa tri tipa:

* Params - parametri koji su potrebni za izvršavanje asinhronog poziva (npr. url sa kog se dobijaju podaci)
* Progress - podaci o napretku izvršavanja pozadinske operacije (npr. celobrojna procentualna vrednost)
* Result – rezultat izvršavanja asinhronog poziva (npr. lista objekata sa mreže)

Asinhroni poziv ima četiri faze izvršavanja:

* onPreExecute**()** - izvršava se na glavnoj niti pre glavnog poziva, služi za obavljanje pripreme za glavni poziv, na primer za prikazivanje animacije za učitavanje
* doInBackground**(**Params**...)** – izvršavanje asinhronog poziva koji dugo traje. Parametri se koriste za sam poziv, i ova metoda vraća rezultat koji se kasnije koristi u onPostExecute**(**Result**)** metodi. Takođe pozivanjem metode publishProgress**(**Progress..**)** se poziva metoda onProgressUpdate**(**Progress**...)**
* onProgressUpdate**(**Progress**...)** - izvršava se na glavnoj niti i prikazuje napredovanje, npr. ažurira animaciju za napredovanje
* onPostExecute**(**Result**)** – izvršava se na glavnoj niti kada se završi asinhroni poziv

Kao što vidimo izvršavanje asinhronog poziva je prilično složeno u Androidu. U našem slučaju morali bismo da izvršimo asinhroni poziv da bismo dobili sve filmove a zatim u onPostExecute**(**Result**)** metodi da za svaki film u petlji pravimo još po jedan asinhroni poziv za dohvatanje postera. Uz to je potrebno voditi računa o prikazivanju animacije za učitavanje i upravljati greškama. I pored dobre organizacije koda to bi dovelo do koda koji nije čitljiv, težak je za održavanje i sklon greškama. Ako bismo promenili scenario i dodali treći poziv dobili bismo još jedan nivo ugnježdenosti i još teži kod za održavanje.

Pogledajmo sada kako se to rešava pomoću RxAndroida, u klasi MainMovieListModel imamo metodu loadMovies**()** koja služi za učitavanje liste filmova koji će biti prikazani.

public Observable**<**List**<**Movie**>>** loadMovies**()** **{**

**if** **(**cachedMovies **!=** **null)** **{**

**return** Observable**.**create**((**Observable**.**OnSubscribe**<**List**<**Movie**>>)** **this::**getMoviesFromCache**)**

**.**observeOn**(**AndroidSchedulers**.**mainThread**())**

**.**subscribeOn**(**Schedulers**.**io**());**

**}** **else** **{**

**return** Observable**.**create**((**Observable**.**OnSubscribe**<**List**<**Movie**>>)** **this::**getMovies**)**

**.**flatMap**(**Observable**::**from**)**

**.**map**(**movie **->** apiServiceWrapper**.**getPoster**(**movie**))**

**.**toList**()**

**.**doOnNext**(**movies **->** cacheMovies**(**movies**))**

**.**observeOn**(**AndroidSchedulers**.**mainThread**())**

**.**subscribeOn**(**Schedulers**.**io**());**

**}**

**}**

Posmatrajmo prvo else granu metode, kada nema keširanih mečeva, tada se prvo kreira emiter pozivanjem metode: Observable**.**create**((**Observable**.**OnSubscribe**<**List**<**Movie**>>)** **this::**getMovies**)** gde operator create prihvata pretplatnika kao parametar gde su definisane akcije onNext, onError i onCompleted. Ukoliko je ovaj način zapisa nije dovoljno jasan, ovo može biti zapisano i bez Java 8 sintakse:

Observable**.**create**(new** Observable**.**OnSubscribe**<**List**<**Movie**>>()** **{**

@Override

public void call**(**Subscriber**<?** **super** List**<**Movie**>>** subscriber**){**

MainMovieListModel**.this.**getMovies**(**subscriber**);**

**}**

**})**

Gde metoda getMovies služi za dohvatanje filmova sa mreže:

private void getMovies**(**Subscriber**<?** **super** List**<**Movie**>>** subscriber**)** **{**

**try** **{**

subscriber**.**onNext**(**apiServiceWrapper**.**getAllMovies**());**

subscriber**.**onCompleted**();**

**}** **catch** **(**Exception e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

subscriber**.**onError**(**e**);**

**}**

**}**

Gde apiServiceWrapper**.**getAllMovies**()** sadrži logiku slanja zahteva preko mreže i obrade odgovora i vraća listu filmova. Na taj način je kreiran emiter koji emituje listu filmova.

Zatim imamo flatMap**(**Observable**::**from**)** gde smo ova dva operatora u kombinaciji već objašnjena, i čiji je konačni efekat da razdvoje emitovanje liste filmova u emitovanje jednog po jednog filma. Svaki emitovani objekat klase Movie zatim prima map**()** operator i dohvata sa mreže njegov poster map**(**movie **->** apiServiceWrapper**.**getPoster**(**movie**))**. Pošto metoda vraća emiter liste filmova a ne listu emitera koristimo operator toList**()** da bismo spojili natrag sve u listu. Onda keširamo podatke za svako emitovanje liste operatorom **.**doOnNext**(**movies **->** cacheMovies**(**movies**))**. Gde je cacheMovies**(**List**<**Movie**>** movies**)** jednostavna metoda koja kešira filmove u memoriji.

private void cacheMovies**(**List**<**Movie**>** movies**)** **{**

cachedMovies **=** movies**;**

**}**

Na kraju imamo operator observeOn**(**AndroidSchedulers**.**mainThread**())** koji određuje da će se notifikacije pretplatniku slati na glavnoj niti i subscribeOn**(**Schedulers**.**io**())** koji određuje da će emiter vršiti emitovanje i obavljati transformacije na niti predviđenoj za operacije u pozadini. Uprošćeno mogli bismo reći da smo pomoću RxAndroida u samo nekoliko redova zapisali sledeće: dohvati listu filmova sa mreže, razdvoj ih u pojedinačne objekte, za svaki dohvati poster, spoji ih ponovo u listu i keširaj ih, sve to uradi u pozadini dok obavesti na glavnoj niti.

If grana metode je vrlo slična, jedina razlika je što listu kompletno formiranu dobijamo iz memorije a ne sa mreže i nije potrebno vršiti dodatne transformacije.

private void getMoviesFromCache**(**Subscriber**<?** **super** List**<**Movie**>>** subscriber**)** **{**

**try** **{**

subscriber**.**onNext**(**cachedMovies**);**

subscriber**.**onCompleted**();**

**}** **catch** **(**Exception e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

subscriber**.**onError**(**e**);**

**}**

**}**

Pretplatnik će se nalaziti u klasi MainMovieListPresenter i imaće ulogu da pri svakom emitovanju sakrije animaciju za učitavanje i pozove metodu pogleda da ažurira prikaz. U slučaju greške ili završenog emitovanja štampaće poruku u konzoli.

@Override

public void loadMovies**()** **{**

movieSubscription **=** mainMovieListModel**.**loadMovies**()**

**.**subscribe**(new** Subscriber**<**List**<**Movie**>>()** **{**

@Override

public void onCompleted**()** **{**

Log**.**i**(**"INFO"**,** "Completed"**);**

**}**

@Override

public void onError**(**Throwable e**)** **{**

e**.**printStackTrace**();**

**}**

@Override

public void onNext**(**List**<**Movie**>** movies**)** **{**

view**.**hideProgressBar**();**

view**.**showMovies**((**ArrayList**<**Movie**>)** movies**);**

**}**

**});**

**}**

**Zaključak**

Reaktivno programiranje je nova paradigma u programiranju Android aplikacija. Sa obzirom da je Android programiranje klijentsko programiranje gde je najčešća situacija da aplikacija dobija podatke sa mreže i treba da reaguje na njih, odnosno da ih obradi i prikaže, jasno je da se ovakav oblik programiranja nameće kao prirodno rešenje. Koristeći RxAndroid u kombinaciji sa Java 8 sintaksom imamo čitljiviji i jednostavniji kod, koji je lakši za održavanje. Naravno i ovaj pristup ima svojih mana, promena razmišljanja sa imperativne na reaktivnu paradigmu inicijalno zahteva puno vremena i rada. Pored toga jednostavne zadatke kao i neke specifične slučajeve nije pogodno koristi RxAndroid. Takođe u situacijama gde emiter emituje brže nego što operator ili pretplatnik mogu da obrađuju podatke vodi do problema, koji se ne javljaju u imperativnom programiranju.

**Umetanje zavisnosti u Androidu**

Prilikom dizajniranja arhitekture aplikacije potrebno je voditi računa o tome da funkcionalno različiti delovi aplikacije ne budu usko spregnuti odnosno da budu što nezavisniji. Inverzija kontrole je način projektovanja aplikacije koji omogućava nezavisnost između različitih modula aplikacije. Jedan od načina ostvarivanja inverzije kontrole je umetanje zavisnosti (eng. dependency injection).

Recimo da imamo objekat neke klase i servise od kojih zavisi (servisi mogu biti bilo koje klase koje su potrebne objektu). Servise bismo mogli kreirati u objektu, što bi dovelo do spregnutosti i ponavljanja koda, otežanog testiranja i potrebe da se menja kod klase ukoliko se promeni implementacija servisa. Umetanje zavisnosti je tehnika pri kojoj se konkretne implementacije servisa prosleđuju objektima prilikom kreiranja ili inicijalizacije objekata koje zavise od servisa.

U Androidu je moguće postići umetanje zavisnosti na više načina. Trenutno najkorišćenije biblioteke za ostvarivanje umetanja zavisnosti u Androidu su RoboGuice i Dagger 2. Dok RoboGuice koristi refleksiju za umetanje zavisnosti u izvršavanju koda, Dagger koristi statičko umetanje zavisnosti prilikom kompilacije. Svaki od ovih pristupa ima svojih prednosti i mana o čemu će dalje biti reči.

**Dagger 2**

Dagger je statički radni okvir za Javu i Android i služi za umetanje zavisnosti gde se kod neophodan za umetanje zavisnosti generiše u toku kompilacije. Prvobitno je razvijen u kompaniji Square a trenutno ga održava kompanija Google. (4).

Da bismo mogli da umetnemo objekat koji želimo u neki drugi objekat, Dagger mora da zna kako se konstruiše taj objekat, odnosno koji objekti su potrebni da bi se kreirao željeni objekat. Moduli su klase koje definišu i obezbeđuju zavisnosti[[8]](#footnote-8), zavisnosti treba da budu grupisani po modulima tako da je svaki modul jedna logička celina. Moduli su u Daggeru označeni anotacijom @Module, dok su zavisnosti date kao povratni argumenti metoda koje su anotirane sa @Provides. Na primer:

@Module

public class SubsystemModule **{**

@Provides

public SubsystemPartOne provideSubsystemPartOne**()** **{**

**return** **new** SubsystemPartOneImplementation**();**

**}**

**}**

U primeru je kao zavisnost data samo klasa SubsystemPartOne koja ima konstruktor koji ne sadrži nijedan argument, što naravno nije realna situacija. Neka klasa SubsystemPartOne kao argument prima objekat klase SubsystemPartTwo, dovoljno je da u modulu navedemo kako se gradi objekat klase SubsystemPartTwo. U slučaju da je potrebno konstruisati objekat klase SubsystemPartOne Dagger će na osnovu metode za izgradnju objekta klase SubsystemPartTwo moći prvo da konstruiše taj objekat a zatim da ga prosledi da bi izgradio traženi objekat. Ukoliko ima i više zavisnosti Dagger će automatski da detektuje redosled kojim treba da konstruiše objekte.

@Module

public class DependencyModule **{**

@Provides

public Dependency provideDependency**(**

SecondaryDependency secondaryDependency**)** **{**

**return** **new** DependencyImplementation**(**secondaryDependency**);**

**}**

@Provides

public SecondaryDependency provideSecondaryDependency**()** **{**

**return** **new** SecondaryDependencyImplementation**();**

**}**

**}**

Pored statičkih objekata moguće je proslediti i objekat koji je dostupan tek u vreme izvršavanja programa.

@Module

public class DependencyModule **{**

public RuntimeParameter runtimeParameter**;**

public DependencyModule**(**RuntimeParameter runtimeParameter**)** **{**

**this.**runtimeParameter **=** runtimeParameter**;**

**}**

@Provides

public Dependency provideDepedency**()** **{**

**return** **new** Dependency**(**runtimeParameter**);**

**}**

**}**

Proces pri kome se razrešavaju zavisnosti u iole većem projektu na kraju vodi ka mreži međuzavisnosti, ova mreža se naziva graf zavisnosti. Kada je potrebno konstruisati i umetnuti neki objekat, on se konstruiše pomoću ovog grafa i vraća traženi objekat. U Daggeru jedan modul često ne sadrže sve sekundarne zavisnosti potrebne da bi se kreirao objekat koji taj modul obezbeđuje. Drugi moduli takođe mogu sadržati zavisnosti potrebne za kreiranje traženog objekta. Da bi moduli mogli da obezbeđuju jedni drugima zavisnosti neophodne su komponente. Interfejs ili apstraktna klasa označena anotacijom @Component, uz navedeni set modula koji su povezani sekundarnim zavisnostima, će služiti za automatsko generisanje komponente odnosno klase koja će služiti za obezbeđivanje zavisnosti koje su zahtevane. Generisana klasa će imati ime kao komponenta samo sa prefixom Dagger. Komponente sadrže metode koje obezbeđuju zavisnosti (eng. provision methods) ili metode umetanja članova (eng. members-injections contracts) (5).

Metode koje obezbeđuju zavisnosti nemaju ulazne parametre i vraćaju objekat klase koja se umeće. Dat je primer komponente koja sadrži ovakvu metodu:

@Component**(**modules **=** **{**DependencyModuleOne**.**class**,** DependencyModulesTwo**.**class**}**

public interface DependencyComponent **{**

ModuleOneDependency moduleOneDependency**();**

**}**

Ovaj interfejs će generisati klasu DaggerDependencyComponent koja će koristiti graditelj konstrukcioni obrazac (eng. Builder) za konstruisanje komponente. Pozivanje builder**()** metode je neophodno samo ukoliko su potrebni parametri koji su dostupni u vreme izvršavanja za izgradnju nekog od modula. U sledećem primeru je predstavljena konstrukcija objekta klase DaggerDependencyComponent i dohvatanje instance klase ModuleOneDependency.

DependencyComponent dependencyComponent **=**

Dagger\_DependencyComponent**.**builder**()**

**.**dependencyModuleTwo**(new** DependencyModuleTwo**(**

RuntimeParameter runtimeParameter**)**

**.**build**();**

ModuleOneDependency moduleOneDependency **=** dependencyComponent

**.**moduleOneDependency**();**

Kod metode umetanja članova, metode u komponenti imaju samo jedan parametar i zavisnosti se automatski umeću u sva polja sa anotacijom @Inject prosleđenog parametra.

@Component**()**

public interface DependencyComponent **{**

void inject**(**DependencyReceiver dependencyReciever**);**

**}**

public class DependencyReceiverActivity **extends** AppCompatActivity **{**

@Inject

Dependency dependency**;**

@Override

public void onCreate**(**Bundle savedInstanceState**)** **{**

DaggerDependencyComponent**.**Builder**()**

**.**build**().**inject**(this);**

**}**

**}**

Podkomponente su komponente čija je implementacija generisana unutar roditeljske komponente i nasleđuje ceo graf zavisnosti. Podkomponenta se definiše kao bilo koja komponenta a zatim se roditeljskoj komponenti dodaje metod koji prima module podkomponente i vraća podkomponentu.

@Component**(**

modules **=** **{...}**

**)**

public interface DependencyComponent **{**

DependencyOne dependencyOne**();**

DependencySubcomponent dependencySubcomponent**(**DependencyModule dependencyModule**);**

**}**

Samo umetanje zavisnosti se vrši isto kao kod komponenti, bitno je takođe istaći da je moguće imati i podkomponente podkomponenata i izgraditi jako složen graf zavisnosti na taj način.

Aleternativa podkomponentama je navođenje zavisnosti komponente od druge komponente. Ovaj pristup omogućava veću kontrolu nad zavisnostima jer je moguć pristup samo zavisnostima koje su deklarisane u metodama koje obezbeđuju zavisnost (eng. provision methods).

Jedna od funkcionalnosti Daggera koja nam takođe omogućava veću kontrolu nad kreiranjem i dostupnošću zavisnosti je obim zavisnosti (eng. scope). Obim zavisnosti se odnosi na dostupnost neke zavisnosti u kodu, odnosno držanja jedne instance zavisnosti u memoriji dok nam je potreban. U Daggeru je definisan obim @Singleton koji označava da će samo jedna instanca anotirane klase postojati na aplikacionom nivou (dok god se aplikacija izvršava). Moguće je definisati i druge obime npr. obim određenog korisnika ili obim određene aktivnosti, gde će anotirane klase postojati samo dok je korisnik ulogovan ili aktivnost postoji.

**Implementacija u aplikaciji**

Celokupna aplikacija je podeljena na nezavisne module koji međusobno povezani, na ovaj način se postiže visoka nezavisnost i laka izmena celokupnih modula. Aplikacija je arhitekturalno razdvojena na sledeće module:

* **NetworkModule** - modul koji obezbeđuje komunikaciju sa serverom preko mreže
* **MovieModule** - modul koji služi za prikaz ekrana sa listom svih filmova, odnosno modul koji povezuje model, pogled i prezenter liste svih filmova
* **DBModule** - modul koji obezbeđuje CRUD[[9]](#footnote-9) operacije nad lokalnom bazom
* **MovieDetailsModule** – modul koji služi za prikaz ekrana sa detaljima odabranog filma, povezuje model, pogled i pogled-model u MVVM šablonu
* **CustomListModule** – modul koji omogućava prikaz personalizovanih korisničkih lista

Da bi se implementirao MVP šablon, koji je u pozadini ekrana sa prikazom liste svih filmovima, neophodno je da slojevi modela, prezentera i pogleda budu razdvojeni i lako zamenljivi, iz tog razloga pogodno je koristiti Dagger 2 i umetanje zavisnosti. Ovaj ekran

//TODO

**Ostali alati korišćeni u radu**

U toku razvijanja aplikacije javlja se potreba za jednostavnim i preglednim načinom ispitivanja zahteva poslatih preko mreže, stanja lokalne baze i pregleda prikazanih komponenti. Stetho je alat koji je razvila kompanija Facebook koji omogućava programerima pristup i korišćenje Google Chrome alata za programere nad Android aplikacijama koje razvijaju (6). Stetho se jednostavno uključuje u projekat, dovoljno je dodati sledeće linije u build**.**gradle datoteku:

compile 'com.facebook.stetho:stetho:1.3.1'

compile 'com.facebook.stetho:stetho-okhttp3:1.3.1'

Pored toga potrebno je inicijalizovati Stetho što se u okviru aplikacije MovieMaster izvršava odmah nakon startovanja aplikacije u klasi MovieMaster koja nasleđuje klasu Application.

Stetho**.**initializeWithDefaults**(this);**

Takođe da bi se motrile aktivnosti na mreži potrebno je dodati presretač zahteva (eng. Network Interceptor). Tako da u klasi NetworkModule imamo sledeći kod:

OkHttpClient okHttpClient **=** **new** OkHttpClient**.**Builder**()**

**.**readTimeout**(**30**,** TimeUnit**.**SECONDS**)**

**.**connectTimeout**(**30**,** TimeUnit**.**SECONDS**)**

**.**retryOnConnectionFailure**(false)**

**.**addNetworkInterceptor**(new** StethoInterceptor**())**

**.**build**();**

Praktično uz par linija koda dobijamo moćan alat za praćenje baze i poziva na mreži preko alata internet pregledača Google Chrome. U praksi to izgleda ovako:



Prikaz aplikacije u okviru Google Chrome pretraživača



Prikaz poziva preko mreže



Prikaz baze preko mreže



Prikaz izvršavanja upita iz konzole

# References

1. **Smith, Josh.** Patterns - WPF Apps With The Model-View-ViewModel Design Pattern. *MSDN Magazine.* February, 2009.

2. **Data binding library. *Android Developers.* [Online] Google. [Cited: 8 14, 2017.] https://developer.android.com/topic/libraries/data-binding/index.html.**

**3. ObservableBoolean. *Android Developers.* [Online] Google. [Cited: 8 13, 2017.] https://developer.android.com/reference/android/databinding/ObservableBoolean.html.**

**4. Dagger. *Github.* [Online] 7 16, 2017. https://google.github.io/dagger/.**

**5. Component. *Github.* [Online] [Cited: 7 18, 2017.] https://google.github.io/dagger/api/2.0/dagger/Component.html.**

**6. Stetho. *Github.* [Online] Facebook. [Cited: 8 16, 2017.] http://facebook.github.io/stetho/.**

1. SOLID (Single responsibility, Open/closed, Liskov Substitution, Interface segregation, Dependancy Injection) je skraćenica za pet principa dizajna koji doprinose fleksibilnosti i lakšem održavanju softvera. [↑](#footnote-ref-1)
2. Skraćenica za Software Development Kit – skup računarskih alata koji se koriste za razvijanje softvera [↑](#footnote-ref-2)
3. Java Standard Edition [↑](#footnote-ref-3)
4. Java Micro Edition [↑](#footnote-ref-4)
5. Android Runtime [↑](#footnote-ref-5)
6. Grub prevod termina Observable je “objekat koji može biti posmatran”, zbog nepostojanja literature na srpskom o ovoj temi i zato što je glavna uloga Observable-a da emituje podatke ovaj termin je preveden kao emiter [↑](#footnote-ref-6)
7. Subscriber se može prevesti i kao “osluškivač” [↑](#footnote-ref-7)
8. eng. Dependencies – objekti koje je potrebno umetnuti [↑](#footnote-ref-8)
9. CRUD (eng. Create, Read, Update, Delete) – kreiranje, čitanje, ažuriranje i brisanje iz baze [↑](#footnote-ref-9)