UNIVERZITET U BEOGRADU
MATEMATIČKI FAKULTET

Tamara D. Ivanović

IMPLEMENTACIJA UPRAVLJAČA ZA DIGITALNU TELEVIZIJU KORIŠĆENJEM PLATFORME ANDROID

master rad

Beograd, 2023.

Mentor:

dr Milena Vujošević Janičić, vanredni profesor
Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet

Članovi komisije:

dr Filip Marić, redovni profesor
Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet

dr Aleksandar Kartelj, docent
Univerzitet u Beogradu, Matematički fakultet

Datum odbrane: _____

Mami, tati i dedi

Naslov master rada: Implementacija upravljača za digitalnu televiziju korišćenjem platforme Android

Rezime: Apstrakt rada na srpskom jeziku u odabranom pismu

Ključne reči: analiza, geometrija, algebra, logika, računarstvo, astronomija

Sadržaj

Glava 1

Uvod

Glava 2

Android

Operativni sistem Android (u nastavku OS Android) je operativni sistem zasnovan na Linuks jezgru (eng. *Linux kernel*) i pripada zajednici otvorenog koda. U ovom poglavlju biće reči o samom nastanku i razvoju ovog operativnog sistema, arhitekturi i osnovnim kompontentama. Kako je centralna tačka ovog rada aplikacija koja kontroliše set top-boks (eng. *set top-box*, skraćeno STB) uređaje koja je pisana u programskom jeziku Java biće objašnjen i odnos OS-a Android sa njima. Radi boljeg razumevanja rada aplikacije ovo poglavlje će se osvrnuti i na značaj i funkcionisanje Google API-ja, kao i na metod povezivanja dva uređaja sa OS-om Android pomoću mreže.

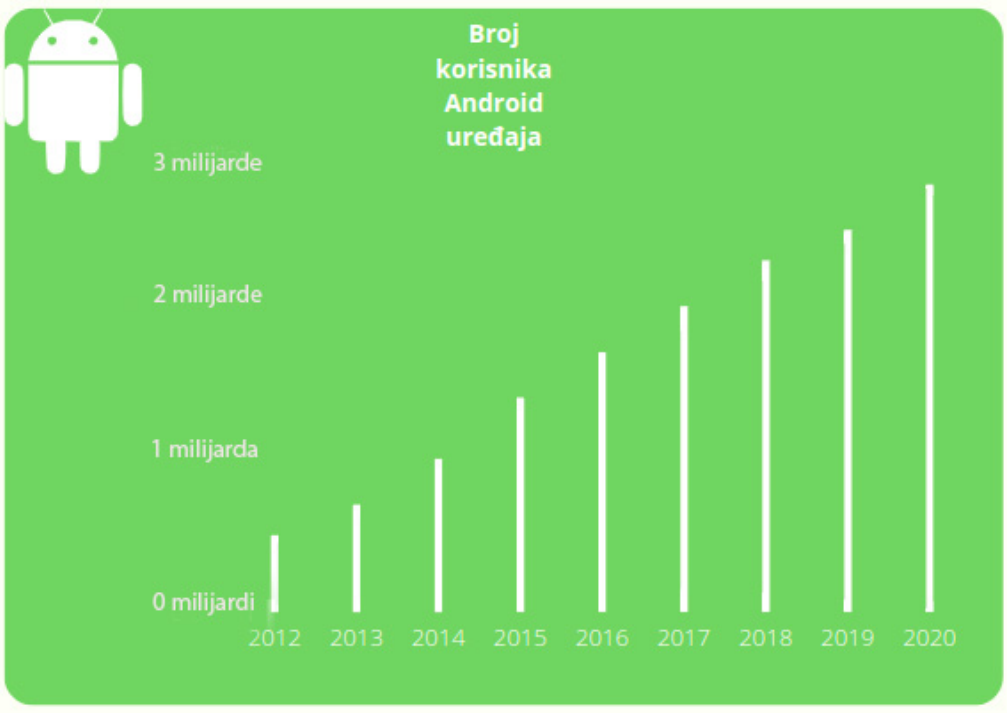
2.1 Istorijat

Endi Rubin (*Andy Rubin*) je 2003. godine sa trojicom kolega u Palo Altu osnovao kompaniju *Android Inc.* sa namerom da kreiraju platformu za kameru sa podrškom za skladištenje u oblaku. Takva ideja nije naišla na podršku investitora i cilj kompanije se preusmerio na pametne mobilne telefone, a vremenom i sve pametne uređaje. Zamisao je bila da sistem bude besplatan za korisnike, a da zarada zavisi od aplikacija i ostalih servisa. To je postalo moguće 2005. godine kada je kompanija *Google* kupila kompaniju i ostavila priliku osnivačima na čelu sa Rubinom da nastave sa razvojem ovog operativnog sistema [5].

Sam razvoj operativnog sistema i dalje traje, verzije su mnogobrojne i izlaze često, a svaka verzija donosi sa sobom znacajna poboljšanja [11, 14]. Svaka verzija je označena brojem, kao i nazivom slatkiša po ideji projektnog menadžera Rajana Gibsona. U tabeli 2.1 je prikazan pregled najznačajnijih verzija zajedno sa novitetima

koje su donele.

Na početku razvoja, OS Android je svoju primenu našao u pametnim telefonima i tabletima. Tokom godina programeri su raširili upotrebu na media plejere (za Android TV), pametne satove i naočare, kućne uređaje, automobile, kamere, konzole za igru [11]... Prema statistici [2], Kineske kompanije drže više od 55% Android tržišta. Od svih kompanija na tržištu najveći udeo imaju: *Samsung* (37.10%), *Xiaomi* (11.20%) i *Huawei* (11%). Sa rastom raznovrsnosti aplikacija koje postoje za Android uređaje, kao i broja različitih uređaja koji se koriste rastao je i broj korisnika. Statistika vezana za trend rasta broja korisnika može se videti na slici **??**.



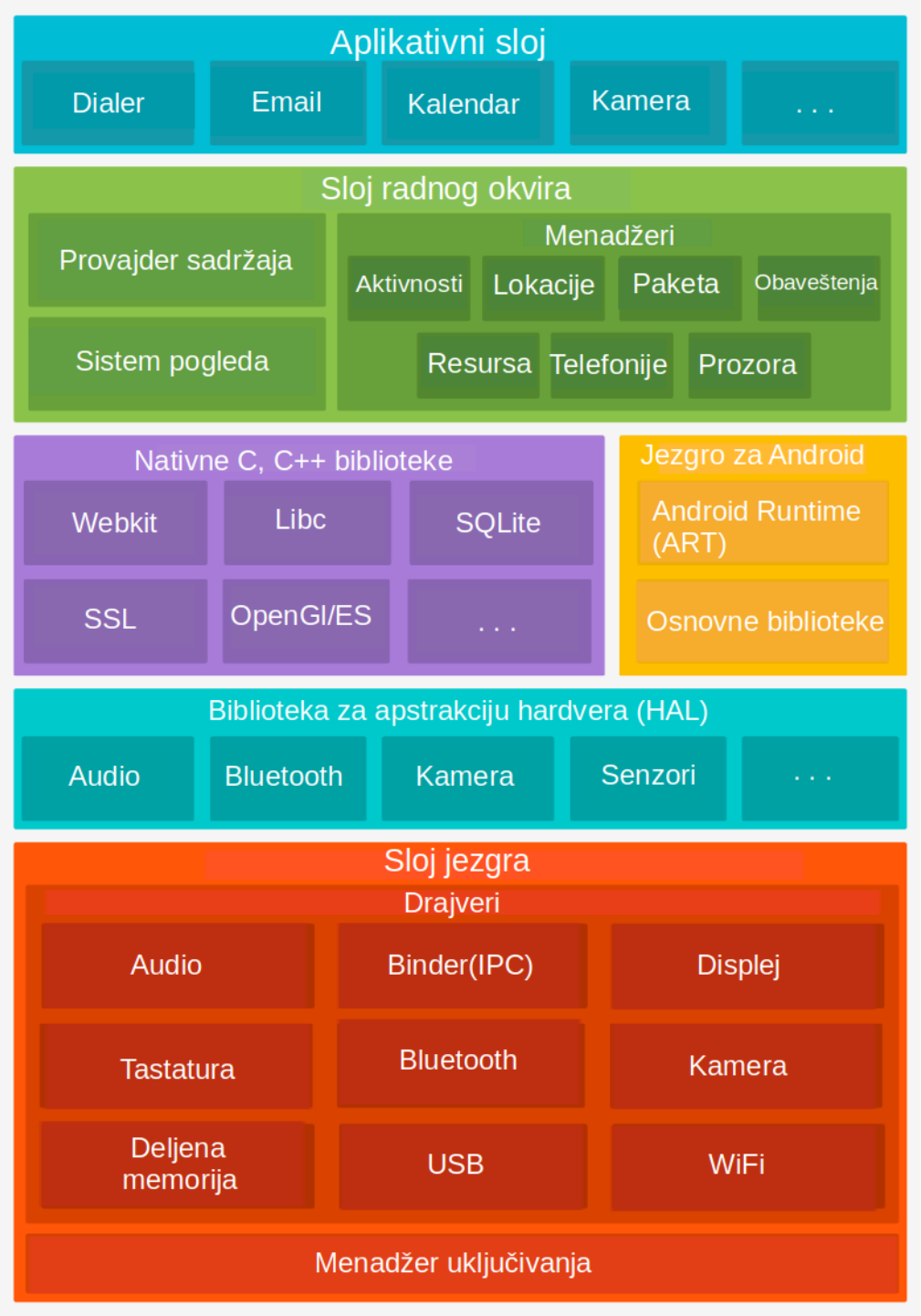
Slika 2.1: Broj korisnika tokom godina, izvor [2]

2.2 Arhitektura

Android platforma predstavlja skup komponenti kao što su OS Android, biblioteke, radni okviri, API-ji i sl. koji omogućavaju razvoj i izvršavanje Android aplikacija. Zasnovana je na Linuks jezgru pri čemu se jezgro i drajveri nalaze u prostoru jezgra (eng. *kernel space*), a nativne biblioteke u korisničkom prostoru (eng. *user space*). Sve aplikacije se izvršavaju u Java virtuelnoj mašini koja se zove *Android Runtime*

Tabela 2.1: Verzije OS-a Android

Naziv verzije	Datum objavljivanja	Najznačajniji noviteti
Android 1.0	Septembar 2008.	Podrška za kameru, internet pregledač, preuzimanje i objavljivanje aplikacija na *Android Market*-u, integrisani su *Google* servisi: *Gmail*, *Google maps*, *Google Calendar*, omogućene *Wi-Fi* i *bluetooth* bežične komunikacije
Android 1.5 — ***Cupcake***	April 2009.	Poboljšana *Bluetooth* komunikacija, tastatura sa predikcijom teksta, snimanje i gledanje snimaka
Android 2.2 — ***Froyo***	Maj 2010.	Poboljšanje brzine, implementacija *JIT*-a, instaliranje aplikacija van memorije telefona, povezivanje uređaja preko USB
Android 3.x — ***Honeycomb***	Februar 2011.	Višeprocesorska podrška, *Google Talk* video čet, '*Private browsing*', uživo prenos preko HTTP-a, *USB host API*, jednostavnije automatsko ažuriranje aplikacija preko *Android Marketa*
Android 4.1–4.3 — ***Jelly Bean***	Jul 2012.	Glasovna pretraga, *WiFi/WiFi-Direct* otkrivanje servisa, bezbedno USB debagovanje, 4K podrška, podrška za BLE (*Bluetooth Low Energy*), *WiFi scanning API*
Android 6.0 — ***Marshmallow***	Oktobar 2015.	Podrška za USB tip C, autentikacija pomoću otiska prsta, MIDI podrška
Android 8.0/8.1 — ***Oreo***	Avgust 2017.	Svetla i tamna tema, PIP (*Picture-In-Picture*) sa opcijom promene veličine, API-ji za neuronske mreže i za deljenu memoriju
Android 9 — ***Pie***	Avgust 2018.	Prikaz celog teksta i slike u obaveštenjima o porukama, dugme za gašenje može i da snimi sliku ekrana
Android 10 — ***Queen Cake***	Septembar 2019	Bolja podrška za privatnost, pristup sistemskim podešavanjima iz panela, biometrijska autentikacija unutar aplikacija
Android 11 — ***Red Velvet Cake***	Septembar 2020.	Snimak ekrana, balončići za poruke, podrška za 5G, bežično debagovanje, bolja podešavanja za dozvole
Android 12 — ***Snow Cone***	2021.	*Material You* jezik za dizajn, podrška za *AVIF*, *Android Private Compute Core*



Slika 2.2: Arhitektura OS Android, slika kreirana na osnovu [12]

(ili, skraćeno, ART), a postoje Java biblioteke koje povezuju aplikaciju sa bibliotekama napisanim u nativnom jeziku. Sama arhitektura softvera kod Androida je slojevita i postoje četiri sloja koja se naslanjaju na sloj fizičke arhitekture. Slojevi

arhitekture prikazani su na slici **??**, a navedeni od viših ka nižim (eng. *top-down*) su [6]:

Aplikativni sloj (eng. *application layer*) predstavlja skup svih aplikacija koje se izvršavaju na Androidu. Aplikacije mogu biti sistemske, ugrađene ili korisničke. Sistemske su one koje je napisao proizvođač uređaja, ugrađene su one koje su drugi kreirali ali su unapred instalirane na uređaj i ne mogu se obrisati, a sve ostale su korisničke.

Sloj radnog okvira (eng. *frameworks layer*) predstavlja sloj koji omogućava da se premoste razlike između aplikativnog i nativnog sloja i koji određuje ograničenja koja moraju da se poštuju pri razvoju Android aplikacija. Ovaj sloj je napisan u programskom jeziku Java, a pomoću interfejsa JNI (skraćeno od eng. *Java Native Interface*) komunicira sa nativnim slojem. Najbitniji elementi sloja mogu se videti na slici **??**, a neki od njih su: menadžer aktivnosti koji upravlja životnim ciklusom aplikacije, menadžer paketa koji poseduje informacije o svim instaliranim aplikacijama na uređaju, menadžer lokacije koji pronalazi geografsku lokaciju uređaja i menadžer telefonije koji omogućava pristup sadržajima telefonije kao što su brojevi telefona.

Izvršni sloj (eng. *runtime layer*) napisan je u nativnom jeziku (C ili C++), sastoji se od nativnih biblioteka, biblioteka za apstrakciju hardvera (*HAL*) i izvršnog okruženja za Android (eng. *Android runtime*) u koji spadaju osnovne bibilioteke i ART. Do verzije 5.0 ART nije postojao već je korišćena *Dalvik virtuelna mašina (skraćeno DVM)* [10].

Sloj jezgra (eng. *kernel layer*) predstavlja sloj između hardvera i softvera koji poseduje sve drajvere koji su potrebni za hardverske komponente. Takođe, u ovom sloju je moguće pronaći sve vezano za upravljanje memorijom, procesima i uključivanjem, kao i o bezbednosti.

2.3 Komponente Android aplikacije

Pod Android aplikacijom se smatra bilo koja aplikacija koja se pokreće na uređaju sa OS-om Android. Programiranje ovih aplikacija je moguće u mnogim programskim jezicima, dok se zvaničnim smatraju programski jezici Java i Kotlin [3]. U nastavku će biti reči o programiranju u programskom jeziku Java.

Kreiranje Android aplikacija ne bi bilo moguće bez njenih osnovnih komponenti. Svaka komponenta ima svoje karakteristike, slučajeve upotrebe kao i funkcije koje vrši. Moguće je i poželjno kombinovati ih u aplikaciji. Svaka komponenta koje se kreira u aplikaciji mora da se navede u datoteci *AndroidManifest.xml*. Četiri osnovne komponente su:

1. Aktivnosti (eng. *activity*)
2. Servisi (eng. *service*)
3. Prijemnici (eng. *broadcast receiver*)
4. Provajderi sadržaja (eng. *content provider*)

Aktivnosti

Aktivnosti predstavljaju jedan prikaz grafičkog korisničkog interfejsa (eng. *Graphical User Interface*) na ekranu. Ne postoji ograničeni broj aktivnosti koje jedna aplikacija može imati, takođe moguće je da postoje aplikacije bez aktivnosti. Za razliku od mnogih programskih jezika gde pokretanje aplikacije počinje pozivom metoda *main()* i uvek od istog mesta, Android aplikacije ne moraju uvek započinjati na istom mestu. Uglavnom Android aplikacije imaju jedan početni ekran koji se naziva *Main Activity* i koji se pokreće pri pokretanju aplikacije i više dodatnih koji su logički povezani sa početnim. Logika iza koje stoji ovaj koncept je da je korisniku omogućeno da pokrene različite delove aplikacije u zavisnosti od trenutnih potreba. Jedan primer koji ovo ilustruje je kada korisnik klikne na obaveštenje aplikacije za dostavu hrane da je hrana koju je naručio u putu, aplikacija će otvoriti aktivnost koja prikazuje mapu za praćenje, a ne početnu stranu za izbor restorana.

Svaka aktivnost ima četiri osnovna stanja:

1. Trajanje (eng. *running*)
2. Mirovanje (eng. *paused*)
3. Zaustavljeno (eng. *stopped*)
4. Uništeno (eng. *destroyed*)

Pri implementaciji svaka aktivnost mora da ima svoje ime i da nasleđuje klasu *Activity*. Ova klasa pruža metode koji prate osnovna stanja životnog ciklusa aktivnosti:

onCreate(), onStart(), onPause(), onResume(), onStop(), onDestroy() i onRestart() [1]. Ove metode je potrebno predefinisati (eng. *override*) kako bi se definisala ponašanja aktivnosti za svaku promenu njenog stanja.

Metod *onCreate()* je metod u kojem se nalazi logika koja je potrebna da se izvrši pri prvom pokretanju aktivnosti. U njemu je potrebno uraditi sve inicijalizacije osnovnih komponenti aktivnosti kao i inicijalizaciju statičkih promenljivih, stavljanje podataka u liste... Iz ovog metoda mora se pozvati metod *setContentView()* koji određuje prikaz grafičkog korisničkog interfejsa. Nakon izvršavanja *onCreate()* metoda uvek se poziva metod *onStart()*.

Metod *onStart()* vodi računa o svemu što je potrebno da aktivnost bude vidljiva korisniku. Aplikacija ovde priprema aktivnost da bude prikazana korisniku. Može se registrovati prijemnik da osluškuje promene koje bi izmenile grafički korisnički interfejs. Metodi koji prate *onStart()* su *onResume()* ili *onStop()*.

Metod *onPause()* se poziva u trenutku kada se primeti da korisnik više neće koristiti tu aktivnost. S obzirom da se njeno izvršavanje dešava u momentu kada je aktivnost još uvek vidljiva korisniku sve što se izvršava u metodi mora biti brzo jer sledeća aktivnost neće biti nastavljena dok se metod ne završi. Ovde treba prekinuti sve što nije potrebno da se izvršava kada je aktivnost u stanju mirovanja. Ovaj metod prate metodi *onResume()* ukoliko se fokus vrati na ovu aktivnost ili *onStop()* ukoliko je aktivnost nevidljiva korisniku.

Metod *onResume()* se poziva kada aktivnost počinje da ima interakciju sa korisnikom.

Metod *onStop()* se poziva kada god aktivnost više nije vidljiva korisniku što može biti zbog toga što je pokrenuta nova aktivnost ili jer se trenutna aktivnost uništava. Neki od čestih primera kada se koristi implementacija ove metode su osvežavanje korisničkog interfejsa i zaustavljanje animacija ili muzike. Ukoliko se aktivnost vraća interakciji sa korisnikom pozvaće se metod *onRestart()*, u suprotnom metod *onDestroy()*.

Metod *onDestroy()* je poslednji poziv i može se desiti iz dva razloga. Prvi, jer se aktivnost završava. Drugi, da se privremeno gasi aktivnost radi čuvanja memorijskog prostora. Koji se razlog desio može se saznati pomoću metode *isFinishing()*.

Metod *onRestart()* se poziva nakon što je aktivnost stopirana, a pre njenog ponovnog prikaza. Tu možemo uraditi eventualne ponovne inicijalizacije ili neke izmene korisničkog interfejsa pre nego što bude ponovo pozvan metod *onStart()*.

Servisi

Servis je komponenta koja izvršava svoje zadatke u pozadini i najčešće se koriste za zadatke koji se dugo izvršavaju i koji bi usporili aplikaciju ako bi se izvršavali na glavnoj niti. Servisi nemaju grafički korisnički interfejs, ali mogu da komuniciraju sa ostalim komponentama [4]. U zavisnosti od tipa zadatka koji se očekuje da servis izvrši, kao i dužine trajanja izvršavanja razlikuju se tri vrste servisa:

Pozadinski (eng. *background*) servisi ne obaveštavaju korisnika ni na koji način o zadacima koje izvršavaju zbog toga što za njihovo izvršavanje nije potrebna nikakva interakcija sa korisnikom. Primer je sinhronizovanje podataka u unapred određeno vreme.

Vidljivi (eng. *foreground*) su servisi za koje korisnici znaju da se izvršavaju tako što servis pomoću obaveštenja obaveštava korisnika o svom izvršavanju. Korisniku se daje mogućnost da pauzira ili u potpunosti zaustavi proces koji se izvršava. Primer ovog servisa je preuzimanje datoteka.

Vezani (eng. *bound*) servisi se izvršavaju kada je neka komponenta aplikacije povezana sa servisom, odnosno dokle god postoji neka komponenta kojoj je potrebno izvršavanje zadataka koje dati servis izvršava.

Na osnovu životnog ciklusa servisa razlikujemo pokrenute (eng. *started*) servise i povezane (eng. *bounded*). Kod pokrenutih servis se inicijalizuje pozivom *startService()* metode, a zaustavlja kada komponenta pozove metod *stopService()* ili ukoliko sam servis pozove metod *stopSelf()*. Povezani se mogu doživeti kao klijent-server struktura zato što komponente mogu da šalju zahteve servisu, kao i da dohvataju rezultate. U trenutku kada neka komponenta pozove metod *bindService()* i time se poveže sa servisom servis se smatra povezanim, a tek kada se sve komponente aplikacije koje su bile povezane sa njim oslobode pozivom *unbindService()* servis prestaje sa radom. Svi navedeni metodi su iz klase *Service* koju je neophodno da svaki servis nasledi pri implementaciji.

Prijemnici

Prijemnici služe da osluškuju sistemska obaveštenja kao i obaveštenja od strane drugih aplikacija na uređaju ili drugih delova iste aplikacije. Da bi mogao da izvršava svoju funkciju potrebno je da prijemnik bude registrovan da osluškuje određene

namere (eng. *intent*). Moguće je da jedan prijemnik osluškuje više različitih namera i u zavisnosti od namere da izvršava različite operacije. Neki od primera upotrebe sistemskih prijemnika su prijemnik za procenat baterije, prijemnik za alarm i prijemnik za SMS poruke [14].

Provajderi sadržaja

Provajderi sadržaja obezbeđuju skladištenje podataka aplikacije. Pored samog skladištenja njihova uloga je i da omoguće drugim aplikacijama da pristupe sadržaju ukoliko imaju prava za to. Samo skladištenje je moguće da bude pomoću *SQLite* baza podataka, datoteka ili na mreži. Sa strane implementacije aplikacija koja želi da deli svoje podatke mora da koristi klasu *ContentProvider* i kreira interfejs prema tim podacima. Druga aplikacija da bi mogla da koristi te podatke mora da napravi instancu objekta klase *ContentResolver* sa svim metodama koje prva aplikacija poseduje.

Namere

Namera (eng. *intent*) predstavlja objekat koji slanjem poruke zahteva da drugi deo aplikacije ili druga aplikacija izvrši neku akciju. Najčešće su tri upotrebe namera: pokretanje aktivnosti, pokretanje servisa i slanje poruka (eng. *broadcast*). Implementacija se vrši pomoću klase *Intent* i potrebno je kreirati novi objekat [11].

AndroidManifest.xml

Glavna datoteka bez kog nijedna Android aplikacija ne može da postoji je *AndroidManifest.xml*. Pomoću ove XML datoteke OS Android i njegovi alati za izgradnju aplikacija (eng. *build tools*) dobijaju sve potrebne informacije za instalaciju i pokretanje aplikacije. Kôd počinje navođenjem verzije XML-a i enkodiranja, nakon čega sledi etiketa (eng. *tag*) *<manifest>* u okviru kog se piše ceo kôd. Obavezni deo koda je etiketa *<application>*. Pregled osnovnih elemenata i njihovih opisa može se videti u kodu 2.1. Više informacija o elementnima i njihovim opcijama može se pronaći na vebu [13]

```
1 <?xml version="1.0" encoding="utf-8"?>
2 <manifest>
3   <!-- Navodi se za svaku dozvolu koju aplikacija zahteva -->
4     <uses-permission android:name="string"/>
```

```
5     <!-- Definise bezednosnu dozvolu za ogranicavanje pristupa
    funkcijama ili komponentama-->
6     <permission />
7     <!-- Definise kompatibilnost aplikacije sa verzijama Androida
    -->
8     <uses-sdk/>
9     <!--Definise hardverske i softverske karakteristike koje
    aplikacija zahteva  -->
10    <uses-configuration />
11    <!-- Deklarise aplikaciju i sve njene elemente-->
12    <application>
13    <!-- Definise aktivnost -->
14        <activity>
15        <!-- Definise tipove namera koje aktivnost podrzava -->
16            <intent-filter> . . . </intent-filter>
17            <!-- Par ime vrednost za dodatne podatke koji se
    dodeljuju roditeljskoj komponenti-->
18            <meta-data />
19        </activity>
20    <!-- Alias za aktivnost, moze imati svoje drugacije postavke u
    odnosu na aktivnost -->
21        <activity-alias> . . . </activity-alias>
22    <!-- Deklarise servis i njenove intent-filter i meta-data -->
23        <service> . . . </service>
24    <!-- Deklarise prijemnik-->
25        <receiver> . . . </receiver>
26    <!-- Definise provajdera sadrzaja-->
27        <provider> . . . </provider>
28    <!-- Definise deljenu biblioteku sa kojom aplikacija mora biti
    vezana. -->
29        <uses-library />
30    </application>
31 </manifest>
```

Listing 2.1: Primer AndroidManifest.xml, izvor: [13]

2.4 Android i STB

STB uređaji su namenjeni za pružanje digitalnih televizijskih usluga korisnicima, a koristeći OS Android, ovi uređaji mogu da pruže mnogo više funkcionalnosti. Kako OS Android pripada zajednici otvorenog koda proizvođači STB uređaja mogu lako

prilagoditi sistem svojim potrebama. Takođe moguće je koristiti *Google* prodavnicu čime se broj aplikacija koje se mogu koristiti na uređajima znatno povećava. Pored ovoga moguće je pokretati svoje aplikacije koje će raditi samostalno ili u interakciji sa drugim instaliranim aplikacijama. Sigurnost aplikacija koje se kreiraju za STB uređaje je u stalnom porastu s obzirom da nove verzije OS Android donose sa sobom veću stabilnost i bezbednost, a nove verzije često izlaze.

2.5 Android i programski jezik Java

U periodu razvoja Androida programski jezik Java je bio među najpopularnijim programskim jezicima. Veliki broj dostupnih alata i biblioteka, kao i velika zajednica programera su doprineli da Java bude osnovni programski jezik za kreiranje Android aplikacija. Jedna od glavnih prednosti upotrebe programskog jezika Java je što je nezavisna od platforme (eng. *platform independent*) na kojoj se izvršava. Razvoj složenih aplikacija zahteva veliki broj interakcija između komponenti gde objektno-orijentisane osobine dolaze do izražaja. Takođe, automatsko upravljanje memorijom i upravljanje izuzecima čine programski jezik Java pouzdanim izborom za razvoj ovakvih aplikacija.

Kao što je već pomenuto pored programskog jezika Java kao zvanični programski jezik za razvoj Android aplikacija se smatra i Kotlin. Kotlin pruža kraću i jasniju sintaksu, sigurnost u radu sa *null* vrednostima, moguće je koristiti Java biblioteke i radne okvire. Za upravljanje dugotrajnim zadacima kao što su operacije nad bazom podataka podržava korišćenje korutina. Prednosti programskog jezika Java za razvoj Android aplikacija su: veliki skup resursa za učenje, alati i razvojna okruženja pružaju stabilniju podršku za rad u odnosu na Kotlin koji je noviji, kompatibilnost sa starijim platformama i okruženjima.

2.6 Google API

Kompanija *Google* pruža skupove pravila i protokola, odnosno *Google API*-je kako bi programeri mogli da obezbede interakciju svojih aplikacija sa *Google* servisima i resursima. Zahvaljujući tome aplikacije imaju mogućnosti da pristupe podacima, funkcionalnostima i drugim resursima koje *Google* nudi. Postoji više kategorija *Google API-ja* od kojih su najpoznatiji: *Google Cloud API*, *Google Maps API*, *YouTube API* i *Google Ads API*. Spisak svih dostupnih *API*-ja sa detaljnijm opisima i uslo-

vima korišćenja mogu se pronaći na linku: spisak *Google API*-ja. Svaki *API* služi za pružanje pristupa specifičnim funkcionalnostima i resursima kompanije. Kako bi se koristili potrebno je registrovati se na njihovom sajtu, a zatim i dobiti *API* ključ koji služi za autentifikaciju i autorizaciju zahteva. Zavisno od *API*-ja, neki zahtevi mogu biti besplatni, dok drugi mogu imati troškove u zavisnosti od količine korišćenja.

Google Cloud API-ji omogućavaju interakciju sa *Google Cloud Platform* servisima odnosno funkcionalnostima računarstva u oblaku, uključujući *Google Cloud Storage*, *Google Cloud Functions*, *Google Compute Engine* i mnoge druge. Jedan specifičan servis je *Speech-to-Text API*, odnosno govor u tekst. Servis pomoću neuronskih mreža i mašinskog učenja pretvara audio zapis u tekst. Podržava više od 120 jezika. Za sve dostupne jezike podržani osnovni model prepoznavanja i model prepoznavanja komandi i pretrage (eng. *command and search model*). Neki jezici imaju podršku i za još neke modele kao što su poboljšani poziv (eng. *enhanced audio call*) i poboljšani video (eng. *enhanced video*). Primeri upotrebe su prepoznavanje komandi u realnom vremenu, generisanje titlova i transkripcija audio zapisa. Upravljanje *API* ključevima, naplatom usluga, *API* servisima koji su omogućeni, protokom korišćenja, kao i projektima za koje se koriste se vrše preko konzole (eng. *Google Cloud Console*). Kako bi se neki servis koristio potrebno je ispuniti sledeće korake:

1. Kreiranje projekta u konzoli ili odabir već postojećeg.
2. Omogućavanje željenog *API*-ja u konzoli ukoliko već nije omogućen.
3. Kreiranje servisnog računa u delu *Credentials* koji se koriste za autentifikaciju kada aplikacija komunicira sa *Google* servisima. U ovom koraku se generiše i privatni ključ koji se u *JSON* formatu čuva na uređaju.
4. Na računaru je potrebno instalirati Google Cloud SDK koji omogućava upravljanje resursima na *Google Cloud*-u putem komandne linije.
5. U komandnoj liniji je potrebno pokrenuti komandu

   ```
   gcloud auth activate-service-account --key-file=PUTANJA_DO_KLJUCA
   ```

Nakon ovih podešavanja moguće je koristiti odabrani *API* u svojoj aplikaciji.

Izgled grafičkog interfejsa konzole, kao i gde se nalaze prethodno navedena podešavanja u konzoli se mogu videti na linku: *Google Cloud* konzola.

Upotreba *Google Cloud API*-ja može biti malo složenija u kombinaciji sa programskim jezikom *Java* u poređenju sa nekim drugim jezicima. Iz razloga zato što programski jezik *Java* zahteva dodatne korake za generisanje klijentskih biblioteka korišćenjem *gRPC* (eng. *Google Remote Procedure Call*) i proto fajlova (eng. *Protocol Buffers*). O ovome će biti više reči u nastavku teksta.

Kako bi aplikacija mogla da koristi metode iz *API*-ja potrebno je ostvariti konekciju sa serverom. Kreira se instanca *ManagedChannel* koja je deo *Java gRPC* biblioteke, kojoj se prosleđuju adresa i port *gRPC* servera, kao i privatan ključ raspakovan iz JSON datoteke. Moguće je dodati i presretače (eng. *interceptor*) koji pre svakog zahteva mogu da modifikuju zahtev ili odgovor. Za potrebe autentifikacije svakog zahteva putem privatnog ključa ranije generisanog koristi se *ClientAuthInterceptor*.

Glava 3

Implementacija aplikacije

U ovom poglavlju će biti opisana implementacija aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju*. Prvo će biti navedene i objašnjene biblioteke i softveri koje je potrebno instalirati da bi mogla da se kreira aplikacija . Nakon toga će biti opisan rad aplikacije koji uključuje način instalacije, pokretanje i korišćenje aplikacije. Zatim će biti opisana struktura projekta sa detaljnim opisom koda.

3.1 Potrebne instalacije

Za razvoj aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju* potrebni su sledeći alati i biblioteke:

- *Android Studio*
- *Java*, verzija 11
- *gRPC*
- *protoc*

Pored ovoga kao što je navedeno potreban je i nalog na *Google Cloud* platformi.

3.2 Opis rada aplikacije

U ovom delu će biti objašnjeni koraci za instaliranje aplikacije za korišćenje, kao i za testiranje tokom implementiranja. Zatim će biti prikazani pokretanje i upotreba aplikacije.

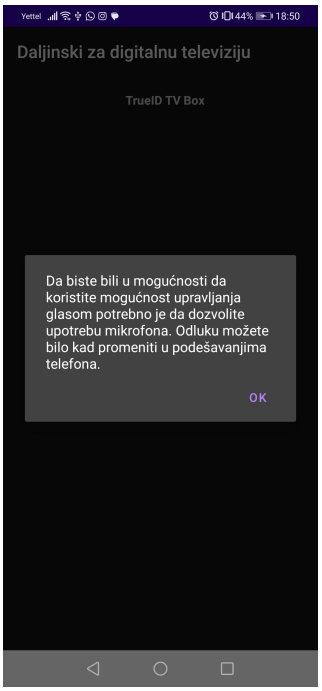
Instalacija

Instaliranje Android aplikacija na mobilne telefone je moguće na više načina. Najjednostavniji nacin je preuzimanje aplikacije iz *Google Play* prodavnice. Ako aplikacija nije dostupna preko prodavnice, moze se instalirati preuzimanjem datoteke u formatu **APK** (eng. *Android Package*). **APK** predstavlja format datoteka koji OS Android koristi za instaliranje i distribuciju aplikacija. Ova datoteka se kreira u *build* direktorijumu projekta nakon što se u *Android Studio*-u odabere opcija *build*. Za aplikaciju *Daljinski za digitalnu televiziju* instalaciona datoteka se može preuzeti na narednom linku: daljinski.apk. Klikom na preuzetu datoteku, koja se može naći u direktorijumu gde se čuvaju preuzete datoteke, pokreće se instalacija aplikacije.

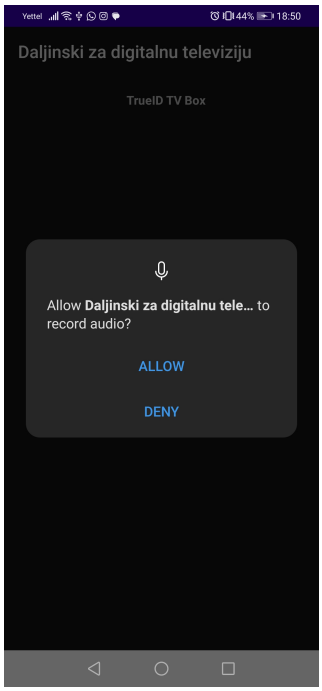
Za potrebe testiranja aplikacije tokom implementacije najčešće se koriste dva načina instaliranja. Za njih je potrebno omogućiti opcije programera (eng. *developer options*) na mobilnom uređaju i da se uređaj poveže pomoću USB kabla sa računarom na kom se nalazi kôd. Prva mogućnost pokretanja je da se u *Android Studio*-u pritisne dugme *Run*. Druga opcija je da na računaru postoji instaliran **adb** (eng. *Android Debug Bridge*) i u terminalu da se pokrene komanda `adb install app-debug.apk`.

Pokretanje i korišćenje

Nakon instalacije aplikacije prilikom prvog pokretanja prikazuje se ekran prikazan na slici 3.1a koji obaveštava korisnika da je potrebno dozvoliti korišćenje mikrofona. Nakon toga se prikazuje sistemsko obaveštenje o traženju dozvole sa opcijama da korisnik da dopuštenje ili ga odbije. Ovo obaveštenje može se videti na slici 3.1b. Ukoliko se ne da dopuštenje moguće je dati ga naknadno u podešavanjima telefona. U slučaju da ovo nije prvo pokretanje aplikacije ova dva obaveštenja neće biti prikazana. Aplikacija započinje pretragu uređaja kao na slici 3.2a. Kako je aplikacija napravljena u saradnji sa jednim stranim klijentom prikazaće se samo uređaji koji imaju instaliranu njihovu aplikaciju, a nalaze se na istoj mreži. Pretraga je ograničena na 15 sekundi. Nakon isteka vremena ukoliko se ne pronađe nijedan uređaj korisnik dobija adekvatno obaveštenje sa izborom da li da se zatvori aplikacija ili ponovo pokuša traženje. Ovo je prikazano na slici 3.2b. Svi uređaji koji su pronađeni se ispisuju na ekranu kao na slici 3.2c i moguće je kliknuti na bilo koji od njih. Pritiskom na naziv odgovarajućeg uređaja iskazuje se želja da bude izvršeno uparivanje sa tim uređajem. Na uređaju sa kojim se pokušava uparivanje se prikazuje



(a) Obaveštenje o traženju dozvole



(b) Prikaz sistemskog obaveštenja

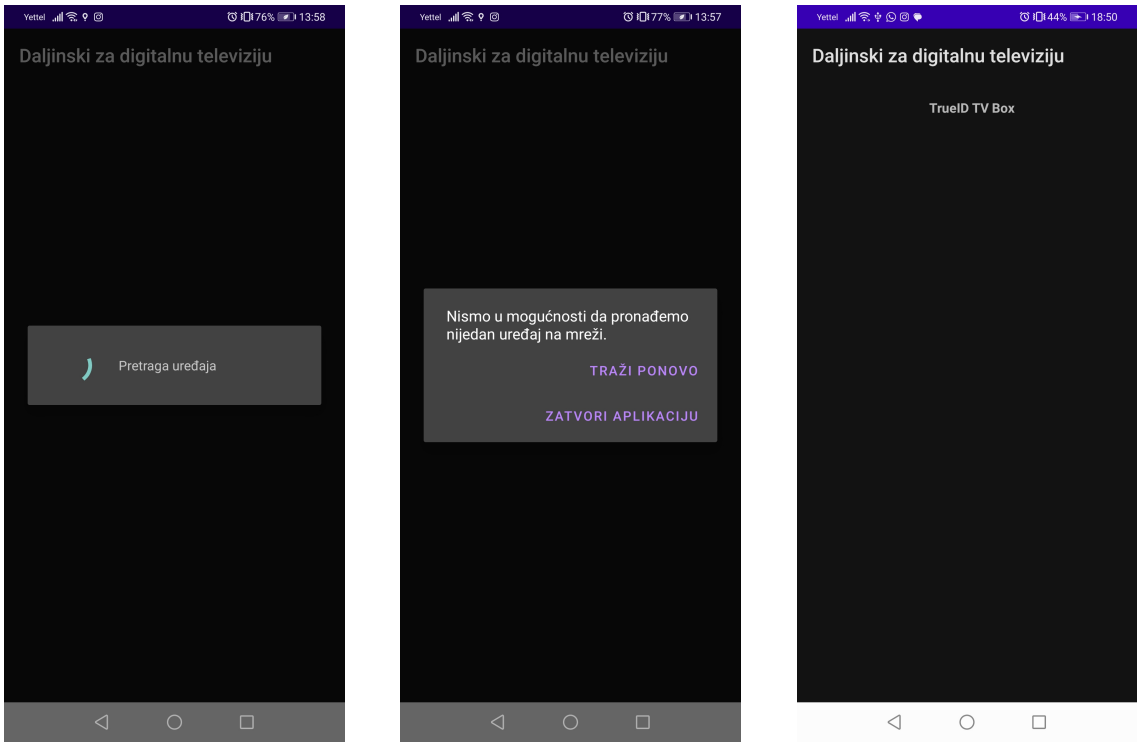
Slika 3.1: Snimci ekrana pri pokretanju aplikacije

četvorocifren broj kao na slici 3.3a. Polje za unos tog broja se prikazuje u aplikaciji kao na slici 3.3b. Nakon uspešnog unosa uređaji se uparuju, a uspešno uparivanje potvrđuje i prikaz daljinskog upravljača. Podržane funkcionalnosti su prikazane na slici 3.5.

Dalje korišćenje aplikacije je isto kao i korišćenje fizičkog daljinskog upravljača. Pri svakom pritisku dugmeta će korisnik osetiti blagu vibraciju što ujedno obaveštava i da je dugme pritisnuto. U slučaju kada nije data dozvola za korišćenje mikrofona nije moguće zadavati komande glasom i tada su dugmići za mikrofone onemogućeni i precrtani. U suprotnom korisnik može neometano da ih koristi.

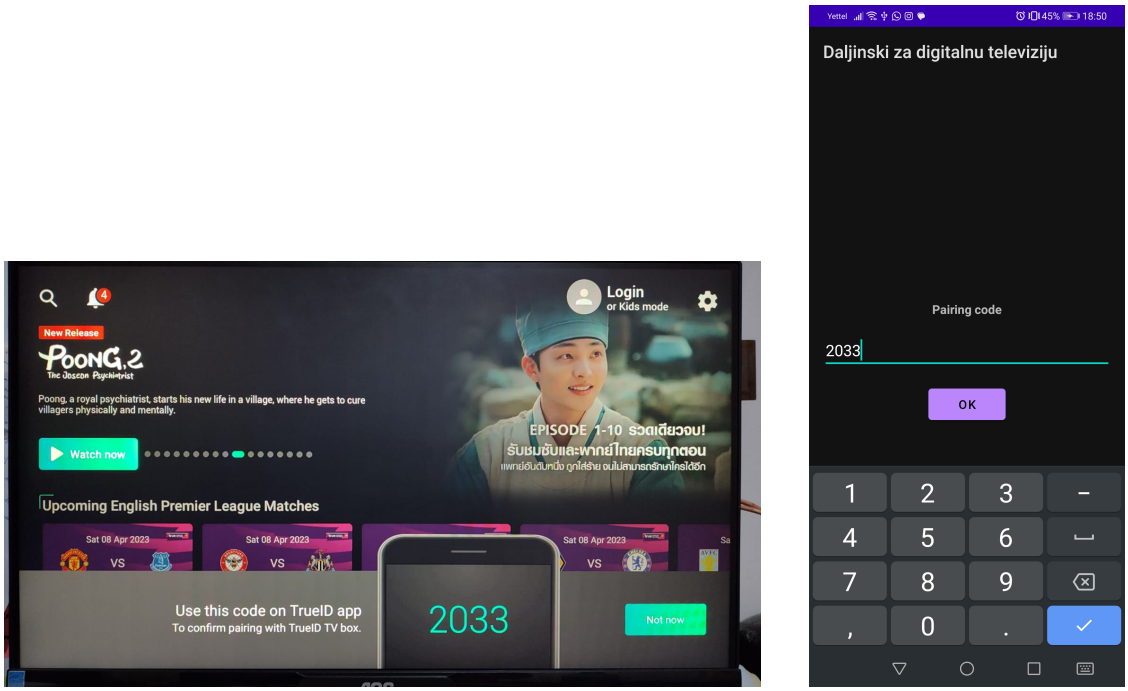
Levo dugme za mikrofon koje je tamnije boje koristi *Google Cloud API*. Pri pritisku dugmeta na donjem delu ekrana pojaviće se poruka da je snimanje započeto i dugme će biti onemogućeno dokle god mikrofon sluša. Nakon pet sekundi prikazaće se poruka da je snimanje završeno, dugme će biti omogućeno i ukoliko je prepoznata komanda ona će se izvršiti.

Desno dugme koje je svetlije boje pokreće mikrofon generisan na standardni način koji obezbeđuje *Google*. Pritiskom na dugme se pojavljuje polje generisano od strane *Google*-a kao na slici 3.4a. Izgled tog polja pri neuspešnom slušanju je



(a) Pretraga u toku (b) Nisu pronađeni uređaji (c) Pronađeni uređaji

Slika 3.2: Snimci ekrana pri pretrazi uređaja



(a) Kôd za uparivanje na STB uređaju (b) Unos koda

Slika 3.3: Snimci ekrana pri uparivanju

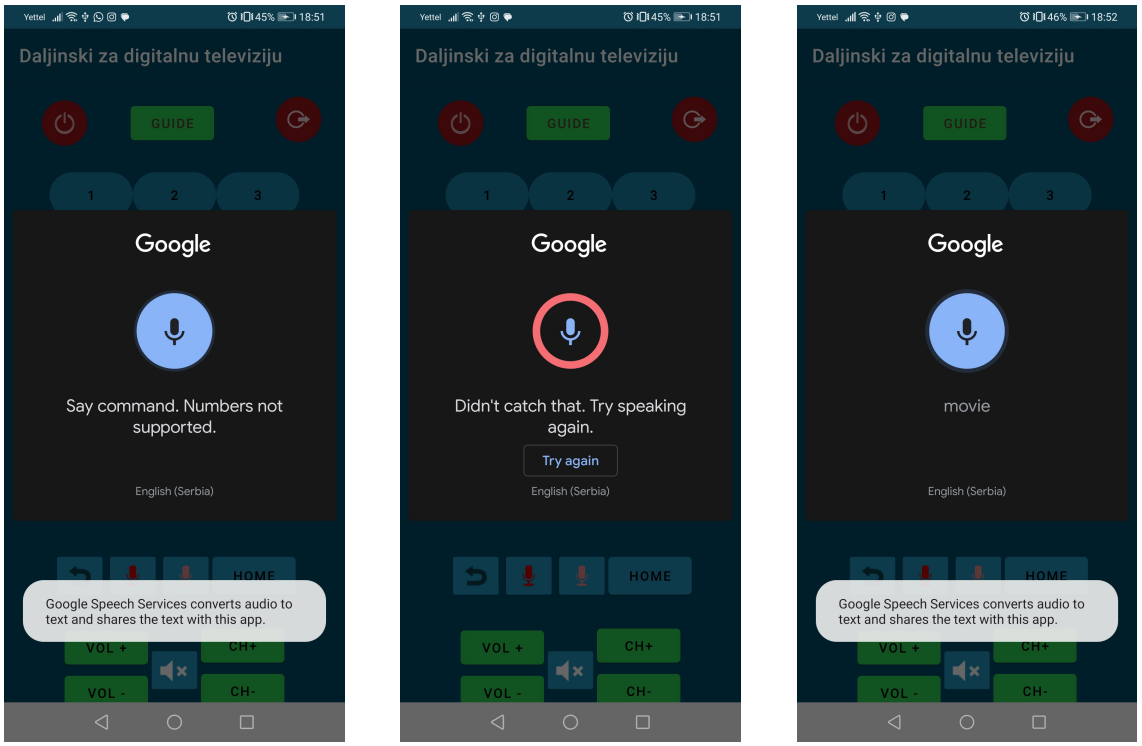
Tabela 3.1: Podržane glasovne komande

Funkcionalnost	Komanda na engleskom jeziku	Komanda na srpskom jeziku
Uključivanje i gašenje uređaja	power, power on, on, power off, off, turn on, turn off, turn on tv, turn off tv, sleep	uključi, ugasi, uključi se, ugasi se, uključi tv, ugasi tv
Prikaz tv programa	guide, show guide, all channels, show channels	prikaži kanale, svi kanali, kanali, prikaži sve kanale
Prikaz dostupnih filmova	movie, movies, show movie, show movies, film	filmovi, svi filmovi, lista filmova, prikaži filmove, prikaži listu filmova, prikaži sve filmove
Kanali uživo	tv, live tv, play live, play live tv	uživo, tv uživo, pusti tv, pusti uživo, prikaži uživo
Ok	ok, okay, okey	ok, okej
Nazad	back, return, go back	nazad, vrati, vrati se
Povratak na početni ekran	home, home screen, show home, go to home, go to home screen	-
Pojačavanje zvuka	volume up, louder, up volume	pojačaj, glasnije, jače, pojačaj ton
Stišavanje zvuka	volume down, quieter, down volume	utišaj, tiše, smanji, smanji ton, snizi ton
Gašenje zvuka	mute, silent	tišina, ugasi zvuk
Sledeći kanal	up, channel up, next, next channel	sledeći kanal, sledeći, gore, pusti sledeći
Prethodni kanal	down, channel down, previous, previous channel	prethodni kanal, prošli kanal

prikazan na slici **??**, a pri uspešnom na slici 3.4c. Pri uspešnom slušanju kao i u prethodnom slučaju izvršiće se zadata komanda.

Komande koje su podržane na ovaj način su prikazane u tabeli 3.1.

Ukoliko korisnik želi da prekine konekciju sa uređajem dovoljno je da pritisne dugme za otkazivanje konekcije koje ga vraća na početni ekran aplikacije. Tada će ponovo biti ivršena pretraga i izlistani pronađeni uređaji. Izlazak iz aplikacije bez prekida konekcije omogućava da korisnik ostane povezan sa uređajem i da pri sledećem pokretanju aplikacije odmah može da koristi sve funkcionalnosti bez ponovnog povezivanja.



(a) Inicijalni prikaz (b) Prikaz neuspeha (c) Prikaz uspeha

Slika 3.4: Snimci ekrana polja za slušanje generisanog od strane kompanije *Google*

3.3 Struktura projekta

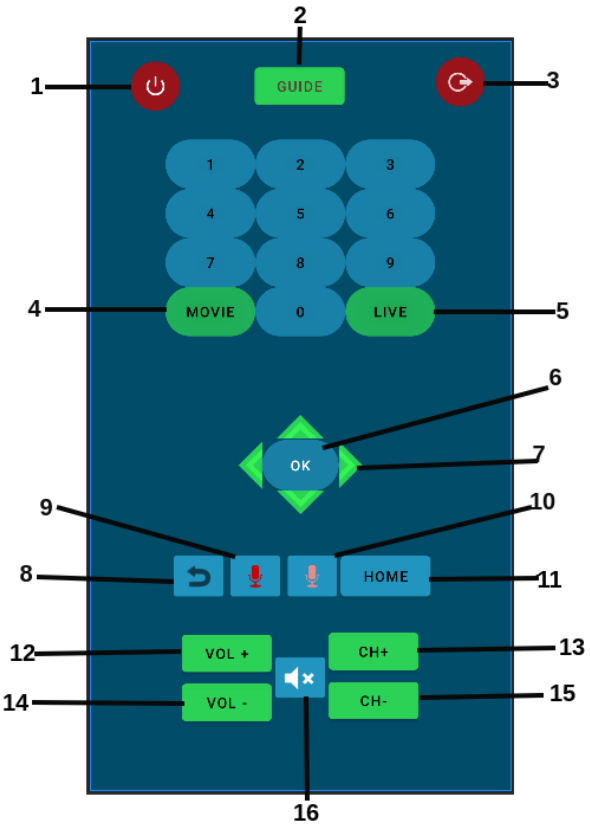
Kôd svake Android aplikacije je podeljen u dva direktorijuma: **app** i **src**. Osnovnu strukturu **app** direktorijuma bilo koje Android aplikacije čine poddirektorijumi:

- *build* sa izvršnom verzijom koda,
- *libs* sa eksternim bibliotekama odnosno bibliotekama koje nisu deo Androida, Java ili Kotlin programskih jezika i
- *src* sa izvornim kodom.

Direktorijum **src** se uglavnom sastoji od sledećih poddiretkorijuma:

- *AndroidTest* u kom se smeštaju svi testovi koje je potrebno pokrenuti na Android uređaju,
- *test* u kom se smeštaju svi testovi za testiranje jedinica koda (eng. *unit tests*)
- *main* u kom se nalazi ceo izvorni kôd.

1. Uključivanje / Isključivanje stb-a
2. Otvaranje elektronskog vodiča kroz program
3. Prekidanje konekcije
4. Prikaz dostupnih filmova
5. Puštanje kanala uživo
6. OK
7. Srelice za kretanje po aplikaciji na stb-u
8. Nazad na prethodni ekran na stb-u
9. Mikrofon pomoću Google Cloud API-ja
10. Mikrofon na standardni način Google-a
11. Povratak na početnu stranu stb aplikacije
12. Pojačavanje zvuka
13. Sledeći kanal
14. Smanjivanje zvuka
15. Prethodni kanal
16. Gašenje zvuka



Slika 3.5: Snimak ekrana, opis komandi

Projekat implementacije upravljača za digitalnu televiziju je smešten u direktorijumu pod nazivom *RemoteControlApp*. Srž aplikacije se nalazi u **main** poddirektorijumu, a za ovu aplikaciju ovaj direktorijum ima sledeću strukturu:

- *AndroidMainifest.xml* — datoteka koji opisuje glavne postavke aplikacije,
- *res* — direktorijum sa svim XML datotekama koje čine korisnički interfejs (eng. *user interface*) aplikacije,
- *java* — direktorijum sa svim klasama i interfejsima aplikacije
- *proto* — direktorijum sa *.proto* datotekama koje su neophodne za korišćenje *Google Cloud API*-ja.

3.4 Upravljanje procesom izdgradnje i određivanje zavisnosti aplikacije

Važne datoteke pri postavljanju projekta su ***build.gradle*** datoteke koje služe da upravljaju procesom izgradnje i odrede zavisnosti (eng. *dependency*) aplikacije. Ove datoteke se generišu automatski pri kreiranju projekta, ali je moguće dodati sve dodatne zavisnosti koje budu potrebne. Postoje dva tipa ovih datoteka — na nivou projekta i na nivou modula. Datoteku na nivou projekta čini skup pravila koji važi za ceo projekat, dok datoteke na nivou modula čine pravila za modul u kom se nalazi datoteka. Svaka ova datoteka se sastoji od vise blokova koji grupišu unutar sebe pravila, odnosno opcije koje se primenjuju.

Za uspešno korišćenje *Google Cloud* servisa u aplikaciji, neophodno je uvesti podršku za obradu *Protobuf* (skraćeno od eng. *Protocol Buffers*) datoteka. *Protobuf* je interfejs za definiciju jezika (eng. *Interface Definition Language*, skraćeno IDL) koji definiše strukturu podataka i programski interfejs. [9] Omogućava usaglašeost pri deljenju struktuiranih podataka između različitih sistemskih platformi i jezika programiranja. Neophodno je unutar bloka *plugins* dodati dodatak `id 'com.google.protobuf'` kako bi se obezbedila adekvatna podrška. Takođe u okviru bloka *protobuf*, se dodaju opcije za korišćenje protobuf-a. Tačne zavisnosti koje je potrebno dodati biće navedene kod opisa implementacije glasovnih komandi gde će biti i objašnjena povezanost *Google cloud* servisa i *protobuf*-a.

3.5 Potrebne dozvole i informacije za pokretanje aplikacije

Informacije potrebne za pokretanje i instalaciju aplikacije čine datoteku *AndroidManifest.xml*. U ovoj datoteci su definisane sve dozvole koje aplikacija zahteva od uređaja sa kog se pokreće aplikacija: pristup internetu, stanju bežične mreže (eng. *WiFi*), stanju telefona, vibracija i snimanje audio sadržaja. Pregled ovih dozvola je dat u listingu 3.1. Kao što je navedeno u delu 2.3 glavna etiketa koja mora postojati je za aplikaciju i u okviru nje su postavljene vrednosti naziva aplikacije, slika kojom je aplikacija predstavljena, ciljani API nivo kao i dve aktivnosti koje se pojavljuju. Prva aktivnost je *ChooseConnection*, koja je odabir uređaja sa kojim će se korisnik povezati i ona je obeležena kao glavna aktivnost. Druga aktivnost je *RemoteView*

koja čini prikaz daljinskog upravljača.

```
<uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
<uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE
    "/>
<uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE"
    />
<uses-permission android:name="android.permission.VIBRATE" />
<uses-permission android:name="android.permission.RECORD_AUDIO"/>
```

Listing 3.1: Odobrenja definisana u datoteci *AndroidManifest.xml*

3.6 Resursi aplikacije

Direktorijum u kom se smeštaju svi resursi aplikacije se naziva *res*. Resursi koji se mogu čuvati su slike, planovi (eng. *layout*), stringovi, stilovi itd. Moguće je čuvati iste resurse u različitim dimenzijama kako bi u zavisnosti od dimenzija i podešavanja uređaja bili odabrani odgovarajući resursi. Direktorijum *drawable* skladišti slike. Za potrebe projekta formirane su i sačuvane slike za strelicu koja je predstavljena trouglom, ovalno dugme i dugme za prekid konekcije.

Vrednosti, boje i dimenzije za različite resurse se skladište u direktorijumu *values*. Datoteka *colors.xml* sadrži boje korišćene za kreiranje interfejsa. Stringovi potrebni za dizajn korisničkog interfejsa su sačuvani u *strings.xml*. Kolor shema, odnosno tema aplikacije je definisana u *themes/themes.xml* odakle se može uočiti da boje koje se koriste za korisnički interfejs su nijanse plave boje.

Svaki ekran sa kojim se korisnik može susresti mora imati korisnički interfejs koji ima svoj plan opisan unutar XML datoteke. Skup svih planova je smešten unutar direktorijuma *layout* koji kod ove aplikacije ima sledeće XML datoteke:

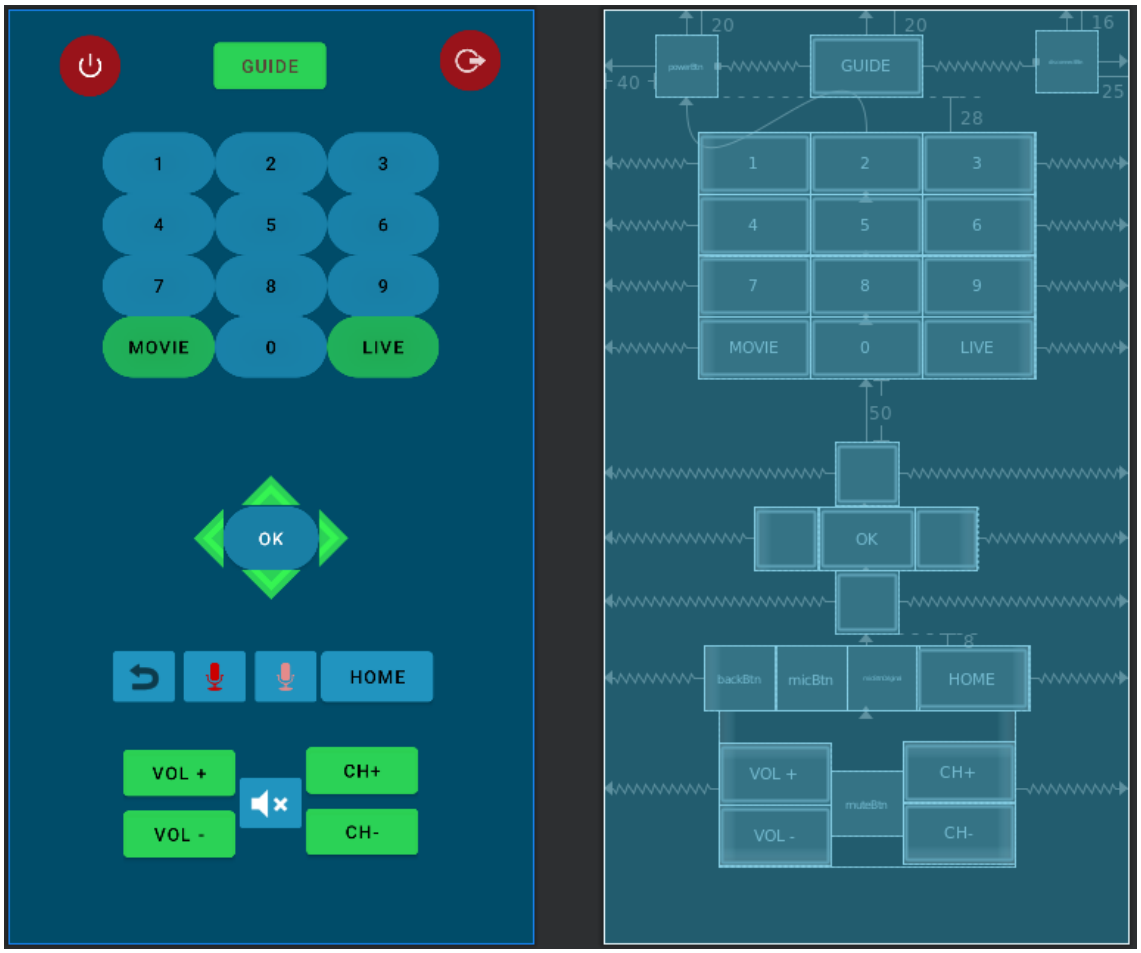
activity_choose_stb predstavlja plan ekrana za odabir konekcije, odnosno STB uređaja sa kojim korisnik želi da se poveže. Ovaj plan je inicijalno sastavljen od tri komponente koje se prikazuju po potrebi kada im se u kodu podesi vidljivost. Komponente su:

- *RecyclerView* sa id-jem *@+id/rv_boxes_list* koji prikazuje spisak uređaja na mreži
- *ProgressBar* koji može poslužiti prilikom učitavanja

- *RelativeLayout* sa id-jem *@+id/rl_pairing_container* koji se sastoji od tekstualnog polja sa uputstvom za unos koda za uparivanje, polja za unos koda i dugmeta za potvrdu

remote_control_scene predstavlja izgled daljinskog upravljača. Korisnički interfejs ovog plana kao i shematski plan zajedno sa svim ograničenjima se može videti na slici 3.6. Ovaj plan se sastoji od velikog broja dugmica koji su vizuelno intuitivni korisniku o svojim funkcionalnostima.

stb_view predstavlja jedan element *RecyclerView*. Sastoji se od polja za tekst koje predstavlja ime uređaja.



Slika 3.6: Korisnički interfejs i shematski plan daljinskog upravljača

Android obezbeđuje veliki broj komponenti koje je moguće koristiti prilikom kreiranja aplikacija. Neke od bitnijih koje su korišćene pri izradi ovog projekta su:

ContraintLayout, *RelativeLayout* i *LinearLayout* su klase koje pružaju metode za organizaciju elementata koji predstavljaju grafički interfejs. *ConstraintLayout* omogućava da se na fleksibilan način organizuju elementi unutar plana tako što se definišu ograničenja (eng. *constraint*) koja označavaju položaj u odnosu na roditelja ili druge elemente. *RelativeLayout* organizuje elemente prema međusobnim odnosima, odnosno moguće je definisati gde će se jedan element nalaziti u odnosu na neki drugi. *LinearLayout* organizuje elemente u red ili kolonu i elementi su unutar njega poređani jedan za drugim, što ukazuje da fleksibilnost nije odlika ove klase.

RecyclerView je komponenta koja ima ključnu ulogu u situacijama kada je potrebno prikazati veliki ili dinamički skup podataka koji se mogu predstaviti listom. Efikasan je pri radu sa velikim skupovima podataka jer učitava samo skup podataka onih elemenata koji su trenutno vidljivi i ponovo koristi iste elemente za prikaz novih podataka. Za korišćenje *RecyclerView*-a potrebno je kreirati adapter u kom se definiše na koji način će se podati koje aplikacija pruža proslediti komponenti i prikazati.

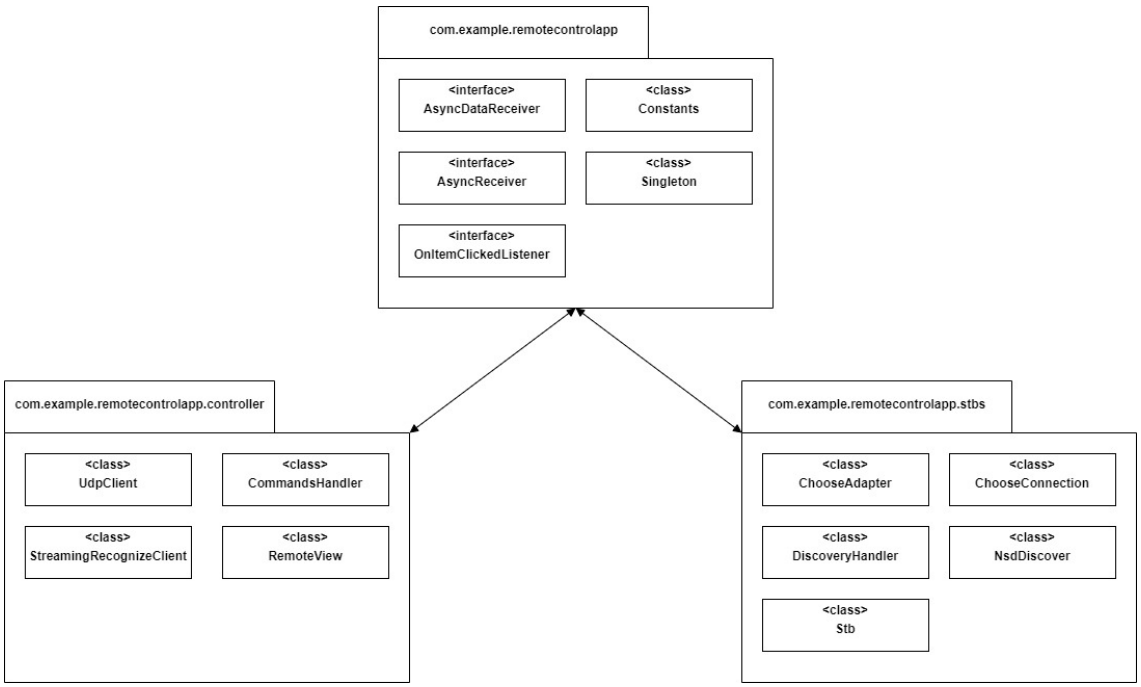
TextView i *EditText* su klase koje predstavljaju elemente za rad sa tekstom. Svaka potreba za prikazom nekog teksta korisniku je rešena kreiranjem pogleda tipa *TextView*, a potreba za izmenom ili unosom nekog teksta kreiranjem polja sa mogućnošću izmene, odnosno *EditText*

Button i *ImageButton* su klase koje kreiraju dugme. Razlika je što u slučajevima kada je dovoljno uneti tekst koji treba da stoji na dugmetu se koristi *Button*, dok u slučajevima kada postoji potreba da dugme umesto teksta ima drugačiji izgled koji je definisan na slici može se koristiti *ImageButton*. Postoji mogućnost da se definiše akcija koja će se izvršiti na klik dugmeta tako što se u XML kodu deklasiše koji se metod poziva na akciju *onClick*. Novija praksa je da se ovo izmesti u kôd i da se postavi osluškivač klika (eng. *OnClickListener*).

3.7 Struktura direktorijuma java

Za funkcionisanje aplikacije neophodno je da se omogući pronalaženje uređaja, a zatim i da se manipuliše sa odabranim uređajem. Kako bi ovo sve radilo ispravno potrebna je međusobna interakcija između klasa, kao i podela koda u adekvatne pakete i klase prema funkcionalnostima koje obezbeđuju. Iz tih razloga unutar glavnog

paketa aplikacije kôd je podeljen u dva paketa. Paket **stbs** sadrži klase koje se bave pronalaženjem i upravljanjem STB uređajem. Klase koje se bave upravljanjem komandama i komunikacijom sa uređajem su smeštene u paket **controller**. Dijagram paketa je prikazan na slici 3.7



Slika 3.7: Dijagram paketa

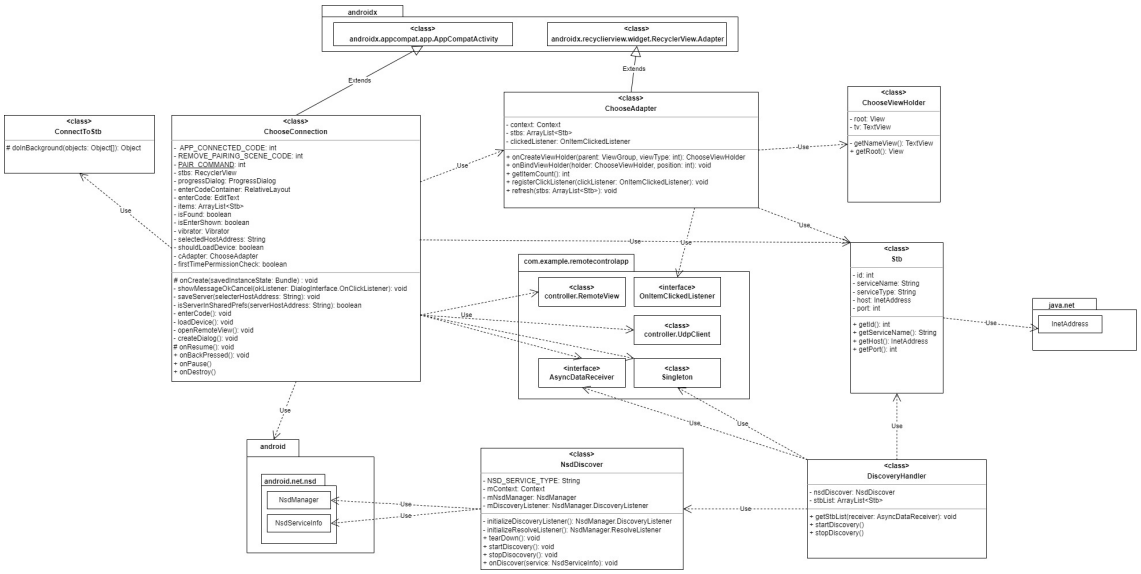
Klase unutar paketa **stbs** su:

- *ChooseAdapter* koja se koristi za prikaz liste pronađenih uređaja,
- *ChooseConnection* koja se koristi za odabir i povezivanje sa izabranim uređajem,
- *DiscoveryHandler* koja se koristi za pronalaženje dostupnih uređaja na mreži,
- *NsdDiscover* koja se koristi za korišćenje NSD (eng. *Network Service Discovery*) mehanizma za pronalaženje uređaja i
- *Stb* koja predstavlja jedan uređaj i sadrži informacije o njemu.

Dijagram klasa ovog paketa se može videti na slici 3.8.

Klase unutar paketa **controller** su:

- *CommandsHandler* koja je odgovorna za obradu i slanje komandi na uređaj,



Slika 3.8: Dijagram klasa za paket stbs

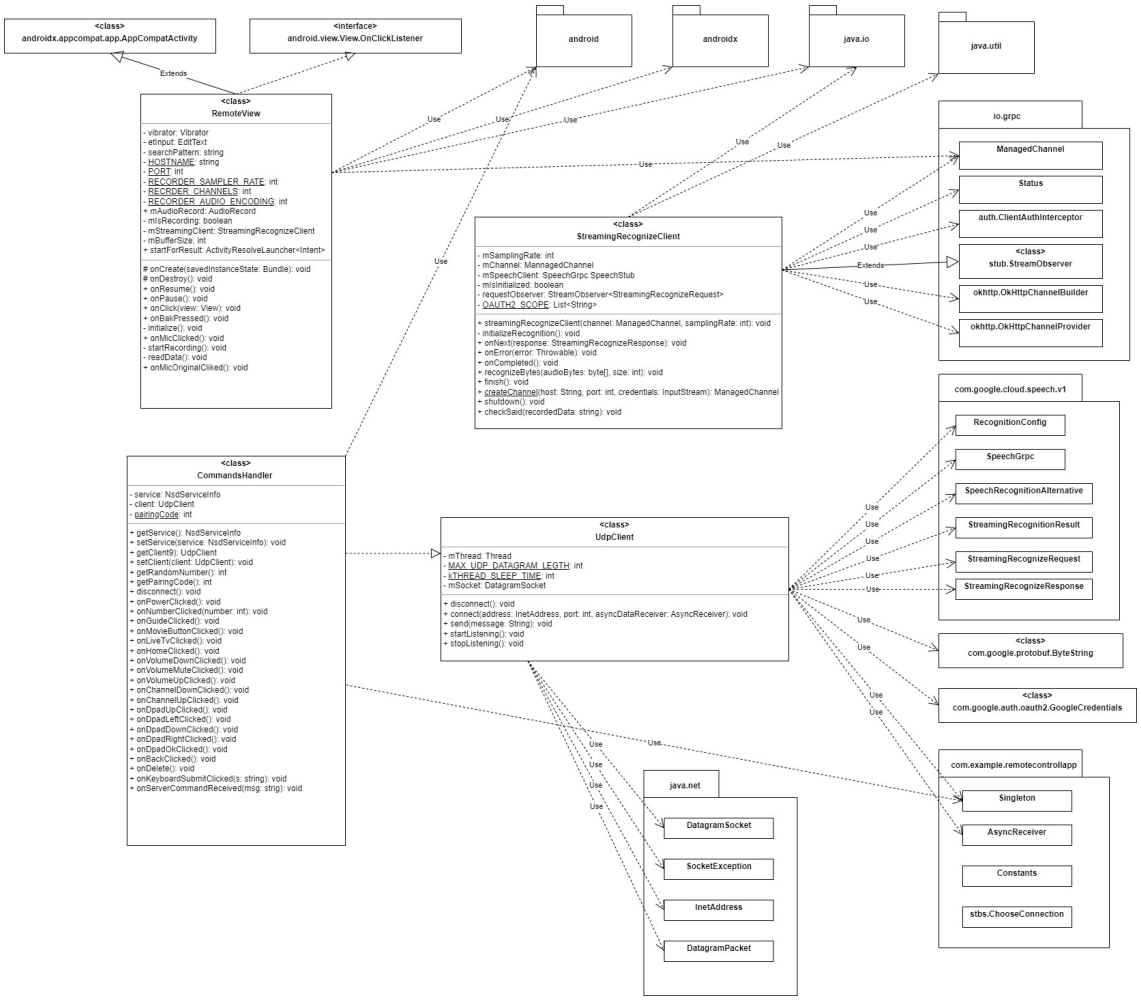
- *RemoteView* koja se bavi prikazom daljinskog upravljača i interakcijom korisnika sa aplikacijom,
- *UdpClient* koja omogućava komunikaciju putem UDP protokola i
- *StreamingRecognizeClient* koje se koristi za obradu audio podataka i prepoznavanje govora pomoću *Google Cloud API*-ja.

Komunikacija i izgled ovih klasa su prikazani na dijagramu 3.9.

Pored ovih klasa u glavnom paketu aplikacjie nalaze se sledeće klase i interfejsi:

- Interfejs *AsyncDataReceiver* se koristi kada je potrebno vratiti specifične podatke nakon završetka asinhrone operacije.,
- Interfejs *AsyncReceiver* se koristi kada je potrebno samo obavestiti o uspehu ili neuspehu asinhrone operacije bez vraćanja specifičnih podataka,
- Interfejs *OnItemClickedListener* se koristi za obradu klikova na elemente liste,
- Klasa *Singleton* se koristi za implementaciju Singlton (eng. *Singleton*) šablona,
- Klasa *Constants* se koristi da skladišti sve konstante potrebne u razvoju aplikacije.

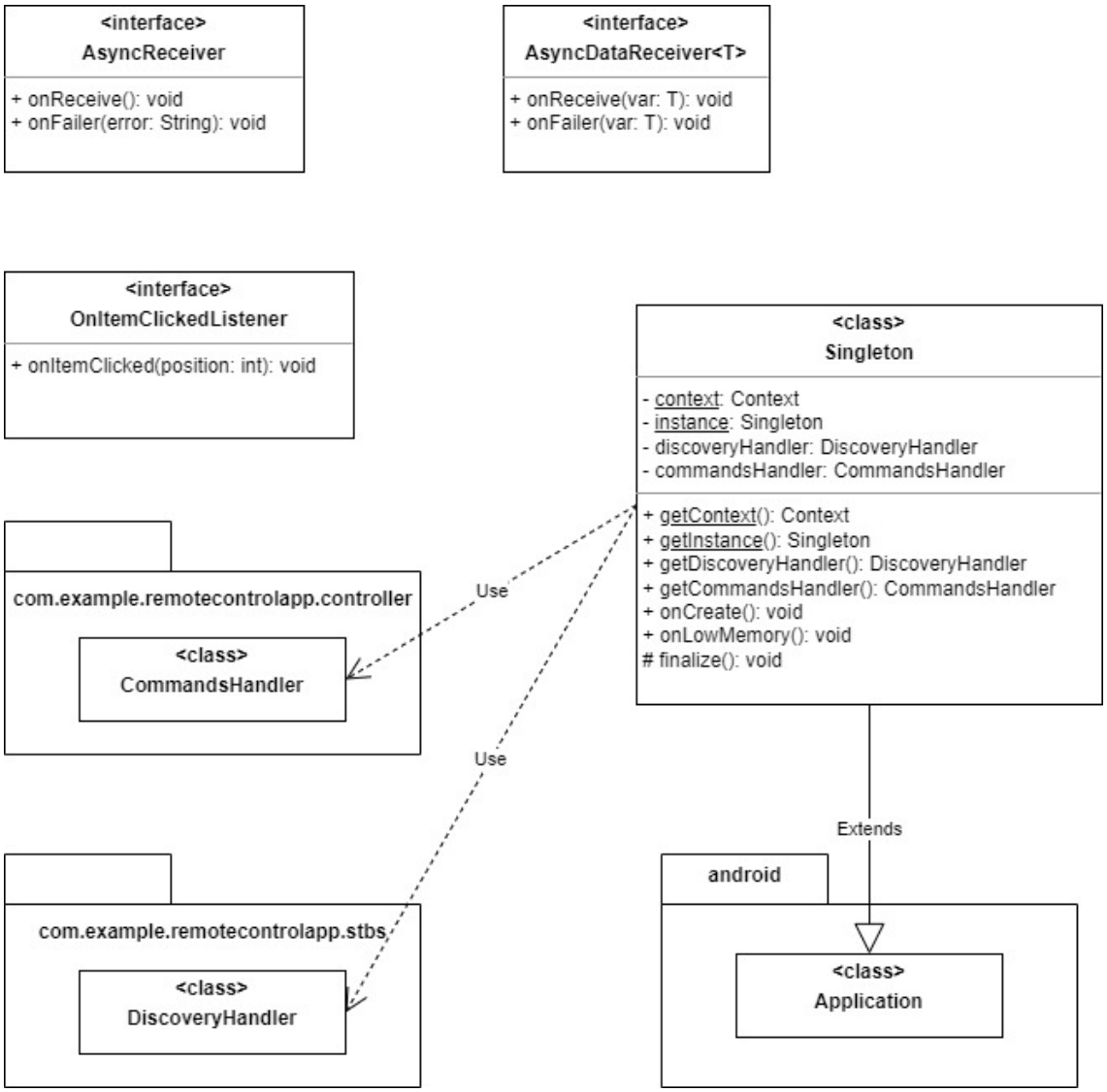
Njihov dijagram klasa je prikazan na slici 3.10.



Slika 3.9: Dijagram klasa za paket controller

3.8 Implementacija glavnih funkcionalnosti aplikacije

Kao što je navedeno u delu 3.2 postoje koraci koji su potrebni da se ispune kako bi se aplikacija koristila za upravljanje uređajem za digitalnu televiziju. U nastavku će biti prikazani delovi koda i objašnjenja kako implementirati pretragu uređaja na mreži, povezivanje sa odabranim uređajem kao i komunikaciju i slanje komandi na uređaj. Poseban osvrt će biti na implementaciji zadavanja glasovnih komandi.



Slika 3.10: Dijagram klasa za glavni paket aplikacije

Implementacija pretrage uređaja

Za pretragu uređaja koji se nalaze na istoj mreži koristi se klase iz paketa `android.net.nsd`. Otkrivanje mrežnih servisa (eng. *Network Service Discovery (NSD)*) [8] obezbeđuje klase koje pružaju usluge pronalaska svih servisa koje pružaju uređaji na lokalnoj mreži. Potrebno je kreirati jednu klasu u kojoj će se koristiti mogućnosti za otkrivanje koje pruža ova biblioteka i koja je nazvana *NsdDiscover*. Pored ove klase potrebno je napraviti klasu *DiscoveryHandler* koja koristi prethodno kreirane metode u svrhu upravljanja pretragom i rezultatima.

Unutar klase *NsdDiscover* se inicijalizuju osluškivač pretrage (eng. *discovery li-*

stener) i osluškivač rezultata (eng. *resolve listener*). Oba predstavljaju instance klasa iz menadžera za otkrivanje mrežnih servisa (eng. *NsdManager*) i imaju svoje predefinisane metode koje je potrebno prepisati. U listingu 3.2 su prikazani koraci za inicijalizaciju ova dva osluškivača.

```
1  NsdManager.DiscoveryListener listener = new NsdManager.
     DiscoveryListener() {
2
3      // Poziva se cim se zapocne pretraga i dohvataju se informacije
       o lokalnoj mrezi
4      public void onDiscoveryStarted(String regType) {
5          WifiManager wifiMgr = (WifiManager)              mContext.
     getSystemService(Context.WIFI_SERVICE);
6          WifiInfo wifiInfo = wifiMgr.getConnectionInfo();
7          String ipAddress = wifiInfo.toString();
8      }
9
10     //Definisu se akcije koje se izvrsavaju kada se pronade zadati
     servis
11     public void onServiceFound(NsdServiceInfo service) {
12       String type = service.getServiceType();
13       //Ako se tip servisa podudara sa servisom koji se trazi, kao
     i sa imenom poziva se metod. Potrebno je obraditi i slucajeve
     ako se ne poklapaju.
14       mNsdManager.resolveService(service, initializeResolveListener
     ());
15     }
16     // Kada servis na mrezi vise nije dostupan poziva se ova metoda
       .
17     public void onServiceLost(NsdServiceInfo service) {}
18
19     // Kada se zaustavi pretraga poziva se ova metoda.
20     public void onDiscoveryStopped(String serviceType) {}
21
22     // Ukoliko nakon nekog vremena nije bilo moguce da se pokrene
     otkrivanje ovaj metod ce biti pozvan.
23     public void onStartDiscoveryFailed(String serviceType, int
     errorCode) {
24       mNsdManager.stopServiceDiscovery(this);
25     }
26
27     // Ukoliko nakon nekog vremena nije bilo moguce da se zaustavi
```

```
    otkrivanje ovaj metod ce biti pozvan.
28     public void onStopDiscoveryFailed(String serviceType, int
    errorCode) {
29        mNsdManager.stopServiceDiscovery(this);
30     }
31 }
32
33  NsdManager.ResolveListener listener = new NsdManager.
    ResolveListener() {
34    //Ukoliko je razresavanje bilo neuspesno
35   public void onResolveFailed(NsdServiceInfo nsdServiceInfo, int
    errorCode) {}
36
37   //Ukoliko je razresavanje bilo uspesno
38   public void onServiceResolved(NsdServiceInfo nsdServiceInfo) {}
39 }
```

Listing 3.2: Inicijalizacija osluškivača pretrage i rezultata

Potrebno je definisati i jednu funkciju povratnog poziva (eng. *callback*) `public void onDiscover(` koja će biti prepisana u klasi *DiscoveryHandler* prilikom kreiranja instance klase *NsdDiscover*. Klasa *DiscoveryHandler* je kreirana da bi pružila logiku koja će se izvršavati za pretragu. Ovo je prikazano u listingu 3.3 putem definicije funckije koja kreira listu STB uređaja `getStbList`.

```
1  public void getStbList(final AsyncDataReceiver receiver){
2          //Potrebno je obezbediti da pretraga nije u toku
3          nsdDiscover.stopDiscovery();
4
5          nsdDiscover = new NsdDiscover(Singleton.getContext()){
6              public void onDiscover(NsdServiceInfo service) {
7                  //Sva logika vezana za pronadjene uredjaje
8                  //se smesta unutar ove funkcije:
9                  //kreiranja nove instance stb uredjaja,
10                 //dodavanje uredjaja u listu,
11                 //provera da vec nije isti uredjaj u listi...
12         };
13         nsdDiscover.startDiscovery();
14     }
```

Listing 3.3: Metod klase DiscoveryHandler za pretragu uređaja

Implementacija povezivanja sa odabranim uređajem

Nakon uspešnog pronalaska uređaja na mreži i prikaza liste na ekranu korisnika potrebno je obezbediti da se korisnik klikom na odabrani uređaj poveže sa istim. Za izvršenje ovog zadatka prvenstveno je potrebno obezbediti klasu koja omogućava komunikaciju korišćenjem UDP protokola (eng. *User Datagram Protocol*) iz razloga što servis koji se za potrebe ove aplikacije poržava UDP protokol. Glavne funkcionalnosti za UDP komunikaciju su prikazane ulistingu 3.4.

```
1  public class UdpClient {
2
3    private DatagramSocket mSocket;
4
5    public void disconnect(){
6     //Zatvaranje mSocket-a ukoliko postoji
7    }
8
9   public void connect(final InetAddress address, final int port,
      final AsyncReceiver asyncDataReceiver){
10    disconnect();
11
12     new Thread(() -> {
13      try {
14       mSocket = new DatagramSocket(0);
15     } catch (SocketException e) {
16       e.printStackTrace();
17     }
18     mSocket.connect(address, port);
19
20     if (mSocket.isConnected()) {
21      asyncDataReceiver.onReceive();
22     } else {
23      asyncDataReceiver.onFailed("Socket not connected");
24     }
25     }).start();
26   }
27
28   //Funkcija koja salje komande na uredjaj
29   public void send(final String message) {
30   //...
31   }
32
```

```
33   public void startListening() {
34    stopListening();
35
36    mThread = new Thread(() -> {
37     while (!Thread.currentThread().isInterrupted()) {
38
39     byte[] buf = new byte[MAX_UDP_DATAGRAM_LEN];
40     final DatagramPacket pack = new DatagramPacket(buf, buf.length)
      ;
41
42     if (mSocket != null) {
43      if (mSocket.isConnected()) {
44        try {
45          // Primanje poruke od uredjaja
46          mSocket.receive(pack);
47         String msg = new String(pack.getData(), pack.getOffset(),
      pack.getLength());
48          msg = msg.trim();
49          Singleton.getInstance().getCommandsHandler().
      onServerCommandReceived(msg);
50        } catch (IOException e) {
51           e.printStackTrace();
52        }
53     }
54   }
55     //...
56   });
57   mThread.start();
58  }
59  public void stopListening() {
60         //Prekid rada niti
61     }
62 }
```

Listing 3.4: Klasa UdpClient

Takođe, kreirana je i jedna unutrašnja klasa koja izvršava asinhroni zadatak u pozadini. `doInBackground` je funkcija koja pomoću klijenta za UDP protokol povezuje sa uređajem na osnovu informacija koje prethodno dobila o njemu. U slučaju da uređaj uparen sa korisnikovim mobilnim uređajem potrebno je poslati komandu za uparivanje o čemu će biti više reči u nastavku. Implementacija ove unutrašnje klase nazvane *ConnectToStb* se nalazi u listingu 3.5.

```
private class ConnectToStb extends AsyncTask {
 @Override
 protected Object doInBackground(Object[] objects) {
  //Pozicija u listi pronadjenih uredjaja
  int position = (int) objects[0];
  final UdpClient client = new UdpClient();
  final InetAddress inetAddress = items.get(position).getHost();
  client.connect(inetAddress, items.get(position).getPort(), new
   AsyncReceiver() {
   @Override
   public void onReceive() {
    //Cuvanje instance klijenta sa kojim se povezujemo
    Singleton.getInstance().getCommandsHandler().setClient(client);
    //Ukoliko nemamo sacuvanu konekciju sa datim uredjajem
    if (!isServerInSharedPrefs(inetAddress.getHostAddress())) {
      //Slanje komande za povezivanje
      Singleton.getInstance().getCommandsHandler().getClient()
               .send(PAIR_COMMAND + "@" + Singleton.getInstance().
   getCommandsHandler()
              .getRandomNumber());
      //Potrebno je otvoriti dijalog za unos i obradu koda
    } else {
      //Ukoliko je sacuvana konekcija sa datim klijentom dovoljno
      //je poslati kod uredjaju da je aplikacija povezana sa njim
      //i pozvati funkciju koja menja trenutnu aktivnost za
      //aktivnost sa planom daljinskog upravljaca
    }
    //UDP klijent osluskuje poruke koje se salju
    client.startListening();
   }
  // ...
}
```

Listing 3.5: Klasa ConnectToStb

Implementacija komunikacije sa uređajem i zadavanja komandi

Komunikacija aplikacije sa STB uređajem je implementirana putem UDP protokola kao što je prikazano u prethodnom poglavlju. Za slanje komandi implementirana je funkcija `send(String message)` koja kreira novu nit u kojoj bajtove poruke pa-

kuje u jedan *DatagramPacket*[7] i preko soketa šalje povezanom uređaju. Preduslov da ova funckija radi je da je soket povezan, odnosno da je komunikacija ostvarena za zadatu mrežu i port. Implementacija funkcije je zadata u listingu 3.6.

```
1  public void send(final String message) {
2    new Thread(() -> {
3     byte[] buf = message.getBytes();
4     DatagramPacket p = new DatagramPacket(buf, buf.length);
5
6     try {
7      if (mSocket.isConnected()) {
8         mSocket.send(p);
9         Log.d(TAG, "[send] sending data to stb - mSocket is
     connected");
10     } else {
11        Log.d(TAG, "[send] sending data to stb - mSOCKET not
     connected");
12     }
13    } catch (IOException e) {
14        Log.e(TAG, "[send] " + e.getMessage());
15        e.printStackTrace();
16     }
17    }).start();
18 }
```

Listing 3.6: Funkcija za slanje komandi preko UDP protokola

Poruka koja se šalje predstavlja konstantu za klik dugmeta na daljinskom upravljaču. U Androidu događaj tastature (eng. *Key Event*) je događaj kada korisnik pritisne taster na tastaturi ili nekom od podržanih uređaja. Svaki od tastera ima svoju numeričku vrednost, odnosno kôd tastature (eng. *Key Code*). Oni zajedno olakšavaju interakciju sa uređajima koji koriste neki od podržanih uređaja. Nije potrebno znati vrednosti ovih konstanti napamet jer im se može pristupiti uključivanjem paketa `android.view.KeyEvent`.

Može se napraviti klasa koja upravlja komandama sa imenom *CommandsHandler*. I u njoj implementirati funkciju za svako dugme koje je moguće pritisnuti. Kada se u glavnoj klasi pritisne dugme na primer za odlazak na početni ekran potrebno je pozvati funkciju na sledeći način:

```
Singleton.getInstance().getCommandsHandler().onHomeClicked();
```

S obzirom da je kreirana Singleton instanca aplikacije potrebno je dohvatiti tu instancu i nad njom instancu klase koja upravlja komandama i zatim i funkciju

koja obrađuje traženi zahtev. Linija koda koja se izvršava pri ovom pozivu iz klase *CommandsHandler* je

```
getClient().send(String.valueOf(android.view.KeyEventKEYCODE_HOME));
```

Standardni način implementacije prepoznavanja govora

Kao standardni način za prepoznavanje glasovnih komandi koji je obezbeđen od strane *Google*-a se smatra upotreba klase *Recognizer Intent*. Ova klasa je deo *Speech Recognizer API*-ja ugrađenog u Android, a sve metode koje su definisane u njemu je potrebno izvršavati na glavnoj niti (eng. *Main Thread*). Da bi se pokrenuo proces prepooznavanja govora kreira se namera sa akcijom `RecognizerIntent.ACTION_RECOGNIZE_SPEECH`. Ova naredba pokreće aktivnost koja sluša korisnikov govor i prepoznaje ga. *Recognizer Intent* pruža korisne opcije kojima se može precizirati kako sistem za prepoznavanje govora treba da se ponaša i kako komunicira sa korisnikom. Neke od opcija su:

1. **EXTRA_LANGUAGE_MODEL** koja se koristi za odabir modela jezika za prepoznavanje govora. Jedan primer je **LANGUAGE_MODEL_FREE_FORM** koji se preporučuje za prepoznavanje slobodnog stila govora.
2. **EXTRA_PROMPT** koja omogućava definisanje poruke koja će se prikazati korisniku prilikom slušanja.
3. **EXTRA_MAX_RESULTS** koja omogućava ograničavanje maksimalnog broja rezulata koje će vratiti.

Namera koja je kreirana se koristi u paru sa klasom *ActivityResultLauncher*. Instanca se registruje u kodu pozivanjem metode *registerForActivityResult* koja kao argumente prima *ActivityResultContract* koji definiše ulazne i izlazne tipove i funkciju povratnog poziva koja prima izlaz. Pozivanjem metoda *launch* sa argumentom definisane namere se pokreće pretraga i po završetku aktivira funkcija povratnog poziva koja obrađuje rezultat.

Prepoznavanje govora pomoću Google računarstva u oblaku

Kao što je navedeno u poglavlju 2.6 *Google Cloud Speech-to-Text API* koristi gRPC za komunikaciju klijentske aplikacije sa *Google Cloud* servisima. gRPC interfejsi postoje za sve *Google Cloud* servise i oni su definisani putem Protobuf interfejsa

za definiciju jezika (eng. *Interface Definition Language*, skraćeno *IDL*). Potrebno je preuzeti fajlove sa zvaničnog *Googleapis GitHub* repozitorijuma koji je moguće pronaći na vebu ovde. Uz pomoć Protobuf kompajlera `protoc` generiše se gRPC kôd za programski jezik Java. Generisane klase je potrebno uključiti u projekat, kao i dodati sledeće zavisnosti datoteku za izgradnju aplikacije:

```
implementation 'com.google.protobuf:protobuf-javalite:3.21.7'
implementation 'io.grpc:grpc-okhttp:1.50.2'
implementation 'io.grpc:grpc-protobuf-lite:1.50.2'
implementation 'io.grpc:grpc-stub:1.50.2'
```

Poželjno je sve funkcionalnosti koje omogućavaju slanje glasovnih podakata prema serveru i prijem prepoznatih rezultata izdvojiti u jednu klasu koja implementira `StreamObserver<StreamingRecognizeResponse>`. Postavljanje konfiguracije, frekvencije uzorkovanja, podržanih jezika i model prepoznavanja su neke od opcija koje je moguće postaviti pri inicijalizaciji prepoznavanja govora. Metoda koja izvršava ovu inicijalizaciju i slanje inicijalnog zahteva dati su u listingu 3.7

```
1  private final SpeechGrpc.SpeechStub mSpeechClient;
2
3  private void initializeRecognition() {
4    ArrayList<String> languageList = new ArrayList<>();
5    languageList.add("sr-RS");
6    languageList.add("hr-HR");
7
8    requestObserver = mSpeechClient.streamingRecognize(this);
9
10   RecognitionConfig config =
11     RecognitionConfig.newBuilder()
12       .setEncoding(RecognitionConfig.AudioEncoding.LINEAR16)
13       .setLanguageCode("en-US")
14       .addAllAlternativeLanguageCodes(languageList)
15       .setSampleRateHertz(mSamplingRate)
16       .setModel("command_and_search")
17       .build();
18
19  StreamingRecognitionConfig streamingConfig =
20     StreamingRecognitionConfig.newBuilder()
21       .setConfig(config)
22       .setInterimResults(true)
23       .setSingleUtterance(true)
```

```
24      .build();
25
26  StreamingRecognizeRequest initial =
27   StreamingRecognizeRequest.newBuilder().setStreamingConfig(
       streamingConfig).build();
28  requestObserver.onNext(initial);
29 }
```

Listing 3.7: Inicijalizacija korišćenja Google Cloud Speech API-ja

Bitne metode koje se prepisuju su *onNext* koja je poziva kada *Google Cloud API* vrati odgovor, *recognizeBytes* koja se koristi za slanje audio podataka ka serveru i *finish* koja signalizira kraj prepoznavanja govora i salje *onCompleted* poziv ka serveru. Za snimanje zvuka koji je potrebno proslediti prethodno navedenim metodama koriste se klase iz biblioteke `android.media`. Proces snimanja se poziva na odvojenoj niti koja čita audio podatke i šalje ih serveru preko metode *recognizeBytes*.

Poređenje predloženih implementacija zadavanja glasovnih komandi

Prepoznavanje govora je zahvaljujući mašinskom učenju i celokupnom razvoju programiranja i tehničkih mogućnosti uređaja postala kvalitetnija i pristupačnija i korisnicima čiji jezici spadaju u slabije zastupljene. Kvalitet kojim će rešenje biti dato u mnogome zavisi od uslova u kojima je snimak nastao - da li je snimano u bučnom ili akustičnom prostoru, kakav je kvalitet internet konekcije, kao i kvalitet samog tehničkog uređaja. Pored ovoga zavisi i od tečnosti i jasnosti govora korisnika koji snima audio snimak. Samim tim ne može se uvek očekivati velika tačnost dobijenih rezultata.

Jedna od prednosti korišćenja *Google Cloud*-a je što dobijeni rezultat u sebi ima i alternativne verzije, kao i kolika je stabilnost pruženog rezultata. Samim tim moguće je birati koji rezultat će se koristiti dalje. Ovo rešenje pruža mogućnost prepoznavanja velikog broja jezika i dijalekata jer je obučenost modela koji se koriste na visokom nivou. Ovaj API nudi širok spektar mogućnosti za prilagođavanje prepoznavanja govora, uključujući mogućnost postavljanja modela prepoznavanja, frekvencije uzorkovanja, alternativnih jezika i mnogo toga.

Što se tiče standardnog načina implementacije kao prednost se izdvaja što je besplatno za korišćenje. Takođe, ovaj način implementacije je mnogo lakši iz razloga

što su sve potrebne klase već uključene u biblioteke koje svi mogu da koriste i u svega nekoliko linija koda je moguće imati funkcionalan kod.

Sa strane vizuelnog efekta *Google Cloud* pruža mogućnost programeru da osmisli kako će izgledati grafički interfejs u toku snimanja. Standardni način pruža predefinisani dijalog kome je jedino moguće promeniti poruku kojom se obraća klijentu.

Mane predloženih rešenja su kompatibilne sa prednostima suprotnog rešenja. Kod rešenja zasnovanog na *Google Cloud*-u manama se mogu smatrati naplaćivanje usluga i kompleksnost implementacije. Dok se kod standardnog rešenja kao mane mogu uzeti u obzir ograničena tačnost rešenja, nekompatibilnost sa određenim jezicima i dijalektima i nedovoljna fleksibilnost za prilagođavanje rešenja potrebama.

Glava 4

Zaključak

Bibliografija

[1] Rick Boyer. *Android 9 Development Cookbook, Third Edition.* Packt, 2018.

[2] BusinessOfApps David Curry. Android Statistics (2022), 2022. on-line at: `https://www.businessofapps.com/data/android-statistics/`.

[3] Kotlin Foundation. Kotlin programski jezik. on-line at: `https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html`.

[4] Erik Hellman. *Android Programming, Pushing the Limits.* Wiley, 2014.

[5] Darren Cummings Iggy Krajci. *Android on x86, An Introduction to Optimiying for Intel Architecture.* Apress, 2013.

[6] Nemanja Lukić Ištvan Papp. *Projektovanje i arhitekture softverskih sistema: Sistemi zasnovani na Androidu.* FTN Izdavaštvo, 2015.

[7] Google LLC. Datagram Packet. on-line at: `https://developer.android.com/reference/java/net/DatagramPacket`.

[8] Google LLC. Network Service Discovery. on-line at: `https://developer.android.com/training/connect-devices-wirelessly/nsd`.

[9] Google LLC. Protocol Buffers. on-line at: `https://cloud.google.com/apis/design/proto3`.

[10] Google LLC. Dalvik VM, 2020. on-line at: `https://source.android.com/devices/tech/dalvik`.

[11] Google LLC. Android Developers, 2022. on-line at: `https://developer.android.com/`.

[12] Google LLC. Android Developers Arhitektura, 2022. on-line at: `https://developer.android.com/guide/platform`.

[13] MIT. Android Manifest. on-line at: `https://stuff.mit.edu/afs/sipb/project/android/docs/guide/topics/manifest/manifest-intro.html`.

[14] Miodrag Živković. *Razvoj mobilnih aplikacija, Android Java programiranje*. Univerzitet Singidunum, 2020.

Biografija autora

Tamara Ivanović je rođena 7. novembra 1995. godine u Beogradu. Završila je prirodno-matematički smer u XV Beogradskoj gimnaziji 2014. godine kao nosilac Vukove diplome. Iste godine upisuje Matematički fakultet Univerziteta u Begoradu, smer Informatika. Zvanje diplomirani Informatičar stiče 2020. godine, nakon čega upisuje master studije na istom fakultetu.

U martu 2022. godine se priključuje stipendijskom programu u Naučno-istraživačkom institutu RT-RK tokom kog je imala priliku da uz stručnu pomoć razvija projekat koji je deo njenog master rada. Od novembra 2022. godine zasniva radni odnos u okviru instituta gde radi kao softverski inženjer na razvoju klijentskih aplikacija za digitalnu televiziju korišćenjem programskog jezika Kotlin.