

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

Zahvalnica

Zahvaljujem se mentorki svog rada, dr Mileni Vujošević Janičić, na svim sugestijama, pravovremenim komentarima, strpljenju i podršci kada su bili najpotrebniji. Hvala joj što se sa mnom radovala svakoj pređenoj prepreci.

Zahvaljujem se naučno-istraživačkom institutu RT-RK na potrebnim resursima i prilici da radim sa najboljim timom. Posebno hvala Ivoni, Martini, Maidu i Dušanu što su imali strpljenja za moj proces učenja i bili mi podrška na tom putu.

Zahvaljujem se Nikoli Vraniću na ustupljenim uređajima kada sam verovala da je sve propalo. Veliko hvala Aleksandri što nas je povezala.

Zahvaljujem se porodici i prijateljima na podršci. Hvala mami i tati što su podržali moj obrazovni put iako je bilo dugačak, uz njihovu ljubav i podršku sve je bilo lakše. Hvala Petru što je uvek bio moj najveći navijač i moj glas razuma. Hvala mojim prijateljima što su imali razumevanja za manjak vremena.

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

Rezime: Digitalna televizija predstavlja oblast koja konstantno napreduje zbog potrebe da se korisnicima pruži što kvalitetnije korisničko iskustvo. Uređaji koji pružaju usluge prikazivanja digitalnog televizijskog sadržaja imaju instaliran operativni sistem Android. Cilj ovog rada je da kroz implementaciju aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju* prikaže osnovne koncepte biblioteka za kreiranje Android aplikacija, način pretrage uređaja na lokalnoj mreži i povezivanja sa istim, kao i upravljanje uređajem za digitalnu televiziju preko mobilnog uređaja. Centralni deo implementacije je fokusiran na integraciju zadavanja glasovnih komandi sa ciljem olakšanja upotrebe uređaja. Rad prikazuje i zadavanje komandi na dva načina i upoređuje dobijene rezultate.

Ključne reči: razvoj softvera, android, Google API, digitalna televizija

Sadržaj

1	Uvod	1
2	Operativni sistem Android	3
2.1	Istorijat	3
2.2	Arhitektura	5
2.3	Komponente Android aplikacije	7
2.4	STB uređaji za pružanje usluga digitalne televizije	12
2.5	Programski jezici Java i Kotlin	13
2.6	Google API	13
3	Implementacija aplikacije	16
3.1	Potrebne instalacije	16
3.2	Opis rada aplikacije	16
3.3	Struktura projekta	21
3.4	Upravljanje procesom izgradnje i određivanje zavisnosti aplikacije . .	23
3.5	Potrebne dozvole i informacije za pokretanje aplikacije	23
3.6	Resursi aplikacije	24
3.7	Struktura direktorijuma java	26
3.8	Implementacija glavnih funkcionalnosti aplikacije	29
3.9	Testiranje aplikacije	39
4	Zaključak	41
	Bibliografija	43

Glava 1

Uvod

Unapređenje i konstantni razvoj Interneta sa sobom je dovelo do napretka u mnogim oblastima među kojima je i digitalna televizija. Ova oblast se konstantno razvija, a samim tim i uređaji koji se koriste za gledanje digitalne televizije preko interneta (eng. *Set-Top Box*, skraćeno STB). STB uređaji imaju integrisan operativni sistem Android (u nastavku OS Android) [5] što pruža mogućnost da rade skoro sve što i svaki Android uređaj. Zahvaljujući Androidu moguće je povezati se sa ovim uređajem putem mobilnih uređaja i zadavati mu komande. U ovom radu biće opisana implementirana aplikacija *Daljinski za digitalnu televiziju* koja ima za cilj da pruži korisniku kvalitetno korisničko iskustvo. Pored povezivanja na željeni uređaj i zadavanja komandi kao na regularnom daljinskom upravljaču moguće je zadavati glasovne komande. Za ovu funkcionalnost je potrebno obezbediti pretvaranje audio zapisa u tekst. Kompanija Gugl (eng. *Google*) pruža interfejs za programiranje aplikacija (eng. *application programming interface*, skraćeno *API*) [17] koji se zove *Speech-to-Text* [19] i koji omogućava korišćenje servisa koji uz pomoć naprednih tehnologija veštačke inteligencije precizno konvertuju govor u tekst. U paraleli sa ovim načinom koji pruža i podršku za srpski jezik implementiran je i standardni način za prepoznavanje govora koji je dostupan u okviru standardne biblioteke za kreiranje Android aplikacija.

U poglavlju 2 opisuju se istorijat i arhitektura Androida. Zatim se uvode glavne komponente svake Android aplikacije. Sekcije koje slede nakon ovoga govore na koji način je Android povezan sa STB uređajima i kako je programski jezik Java pronašao svoje mesto u implementaciji Android aplikacija. Na samom kraju poglavlja dat je osvrt na mogućnosti koje pruža upotreba *Google Speech-to-text API*-ja i dato je objašnjenje kako koristiti ovaj *API*.

Poglavlje 3 opisuje implementaciju aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju*. Polazi se od instalacija koje je potrebno izvršiti da bi bilo moguće implementirati aplikaciju. Dat je opis rada aplikacije korak po korak, sa opisom svih mogućnosti koje aplikacija pruža. Zatim slede informacije o potrebnim dozvolama, bibliotekama i zavisnostima koje su neophodne da bi se aplikacija kreirala. U narednim sekcijama su navedeni resursi koji su korišćeni i kreirani zajedno sa opisom najbitnijih biblioteka, kao i sve klase koje su implementirane, kako su organizovane i opisane su njihove međusobne povezanosti kroz dijagrame klasa i paketa. Poslednje sekcije ovog poglavlja pružaju informacije o načinu implementacije i testiranju aplikacije. Dat je bitan osvrt na način implementacije glavnih funkcionalnosti aplikacije kao što su pretraga uređaja, komunikacija sa STB uređajem i zadavanje glasovnih komandi. Pored toga upoređeni su predloženi načini implementacije glasovnih komandi i navedeni rezultati do kojih su testiranja dovela.

U poslednjem poglavlju izveden je zaključak do kog se došlo pri izradi rada i problemi sa kojima se susretalo. Takođe, dat je i predlog izmena i unapređenja kreiranog rešenja.

Glava 2

Operativni sistem Android

OS Android je operativni sistem zasnovan na Linuks jezgru (eng. *Linux kernel*) i pripada zajednici otvorenog koda. U ovom poglavlju biće reči o nastanku i razvoju ovog operativnog sistema, arhitekturi i osnovnim komponentama. Kako je centralna tačka ovog rada aplikacija koja kontroliše 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

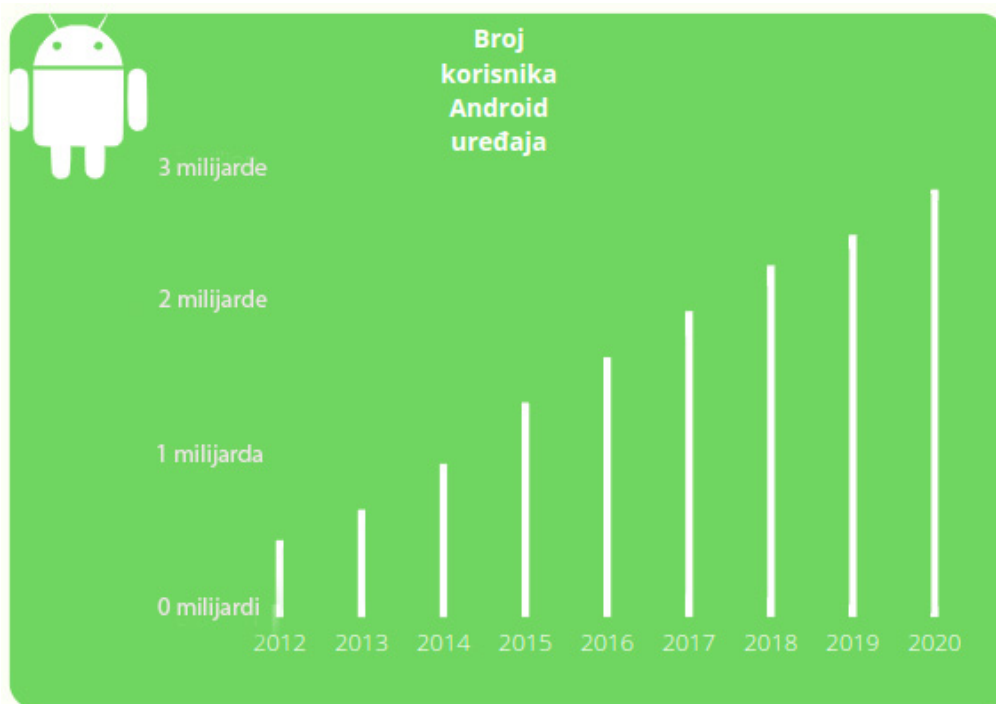
Endi Rubin (*Andy Rubin*) je 2003. godine sa trojicom kolega u Palo Altu (Sjedinjene Američke Države) osnovao kompaniju *Android Inc.* sa namerom da kreiraju platformu za kameru sa podrškom za skladištenje u oblaku. Takva ideja nije naišla na podršku investitora i cilj kompanije se preusmerio na pametne 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 Gugl kupila kompaniju *Android Inc.* i ostavila priliku osnivačima na čelu sa Rubinom da nastave sa razvojem ovog operativnog sistema [11].

Sam razvoj operativnog sistema i dalje traje, verzije su mnogobrojne i izlaze često, a svaka verzija donosi sa sobom značajna poboljšanja [28, 33]. 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.

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

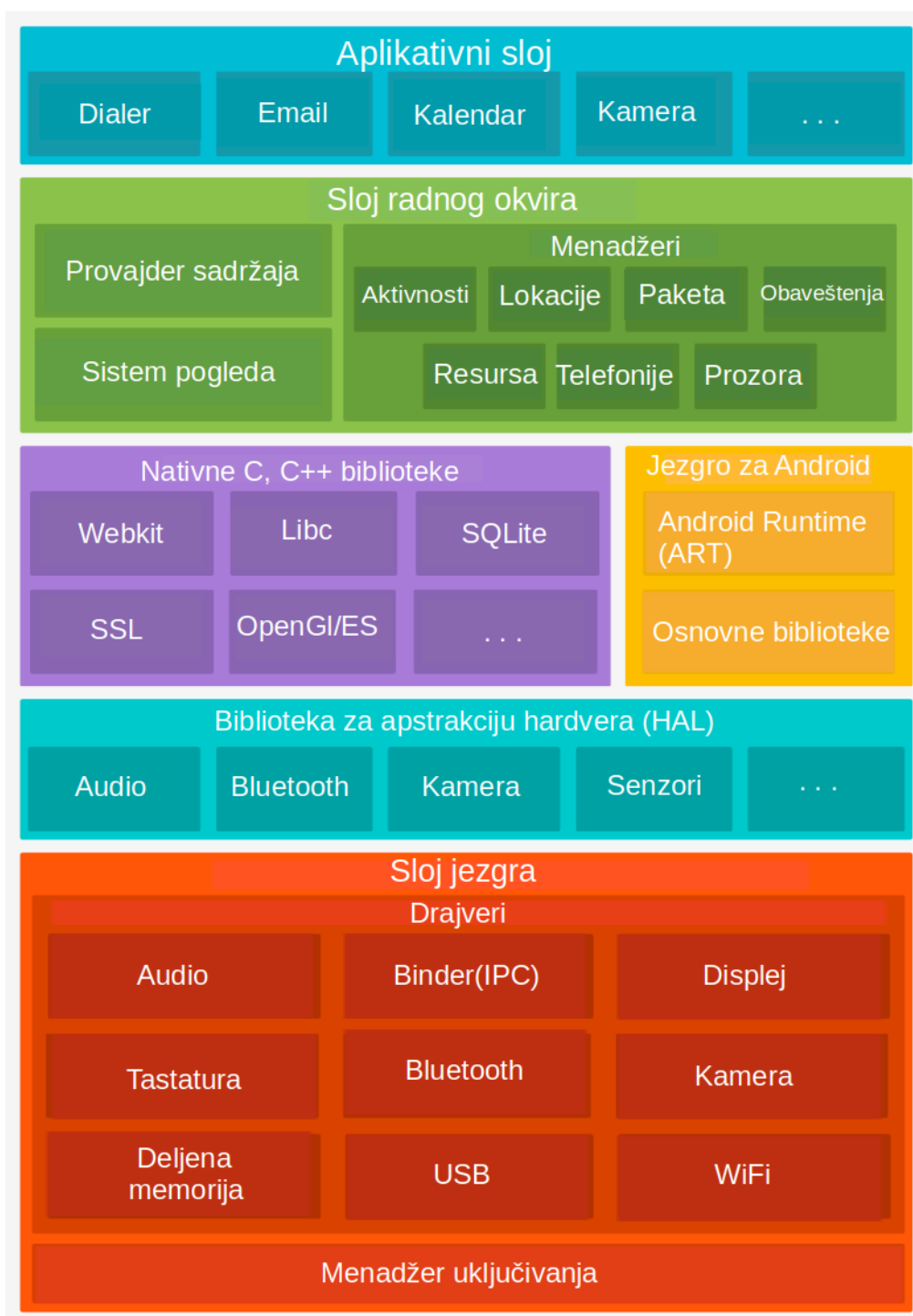
Na početku razvoja, OS Android je svoju primenu našao u pametnim telefonima i tabletima. Tokom godina programeri su raširili upotrebu na media plejere (za Android TV), pametne satove i naočare, kućne uređaje, automobile, kamere, konzole za igru [28]... Prema statistici [6], Kineske kompanije drže više 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 2.1.



Slika 2.1: Broj korisnika tokom godina, izvor [6]

2.2 Arhitektura

Platforma Android 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 jezgri pri čemu se jezgro i drajveri nalaze u prostoru jezgra (eng. *kernel space*), a native biblioteke u korisničkom prostoru (eng. *user space*). Sve aplikacije se izvršavaju u Java virtuelnoj mašini koja se zove *Android Runtime* (ili, skraćeno, *ART*), a postoje Java biblioteke koje povezuju aplikaciju sa bibliotekama napisanim u nativnom jeziku. Sama arhitektura softvera kod Androida je



Slika 2.2: Arhitektura OS Android, slika kreirana na osnovu [29]

slojevit i postoje četiri sloja koja se naslanjaju na sloj fizičke arhitekture. Slojevi arhitekture prikazani su na slici 2.2, a navedeni od viših ka nižim (eng. *top-down*) su [12]:

Aplikativni sloj (eng. *application layer*) predstavlja skup svih aplikacija koje se izvršavaju na Androidu. Aplikacije mogu biti systemske, ugrađene ili korisničke. Systemske 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 2.2, 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 biblioteke i ART. Do verzije 5.0 ART nije postojao već je korišćena *Dalvik virtuelna mašina* (skraćeno *DVM*) [27].

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 [7]. 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*)

Datoteka AndroidManifest.xml

Glavna datoteka bez koje 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 [30].

```
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
6   funkcijama ili komponentama-->
7   <permission />
8   <!-- Definise kompatibilnost aplikacije sa verzijama Androida
9   -->
10  <uses-sdk/>
11  <!--Definise hardverske i softverske karakteristike koje
12  aplikacija zahteva -->
13  <uses-configuration />
14  <!-- Deklarise aplikaciju i sve njene elemente-->
15  <application>
16    <!-- Definise aktivnost -->
17    <activity>
18      <!-- Definise tipove namera koje aktivnost podrzava -->
19      <intent-filter> . . . </intent-filter>
```

```
17      <!-- Par ime vrednost za dodatne podatke koji se
18      dodeljuju roditeljskoj komponenti-->
19      <meta-data />
20      </activity>
21      <!-- Alias za aktivnost, moze imati svoje drugacije postavke u
22      odnosu na aktivnost -->
23      <activity-alias> . . . </activity-alias>
24      <!-- Deklarise servis i njenove intent-filter i meta-data -->
25      <service> . . . </service>
26      <!-- Deklarise prijemnik-->
27      <receiver> . . . </receiver>
28      <!-- Definise provajdera sadrzaja-->
29      <provider> . . . </provider>
30      <!-- Definise deljenu biblioteku sa kojom aplikacija mora biti
31      vezana. -->
32      <uses-library />
33      </application>
34 </manifest>
```

Listing 2.1: Primer *AndroidManifest.xml*, izvor: [30]

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()* [4]. 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 [10]. 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 [33].

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 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 [28].

2.4 STB uređaji za pružanje usluga digitalne televizije

STB uređaji su namenjeni za pružanje usluga digitalne televizije 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 Gugl 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.

2.5 Programski jezici Java i Kotlin

U početnom 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, a moguće je koristiti i 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 Gugl pruža skupove pravila i protokola, odnosno *Google API*-je kako bi programeri mogli da obezbede interakciju svojih aplikacija sa Gugl servisima i resursima. Zahvaljujući tome aplikacije imaju mogućnosti da pristupe podacima, funkcionalnostima i drugim resursima koje Gugl nudi. Postoji više kategorija *Google API*-ja od kojih su najpoznatiji: *Google Cloud API* [17], *Google Maps API* [22], *YouTube API* [26] i *Google Ads API* [15]. Spisak svih dostupnih *API*-ja sa detaljnijim opisima i uslovima korišćenja mogu se pronaći na vebu [25]. 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 servisima *Google Cloud Platform* 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 prevođenje govora u tekst. Servis pomoću neuronskih mreža i mašinskog učenja pretvara audio zapis u tekst. Podržava više od 120 jezika. Za sve dostupne jezike podržani su 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. Preko konzole (eng. *Google Cloud Console*) moguće je kreirati nove *API* ključeve, upravljati načinom plaćanja usluga, pratiti protok korišćenja omogućenih servisa, upravljati podešavanjima kreiranih projekata i još mnogo toga. Kako bi se neki servis koristio potrebno je izvršiti sledeće korake:

1. Kreirati projekat u konzoli ili odabrati neki postojeći.
2. Omogućiti željeni *API* u konzoli ukoliko već nije omogućen.
3. Kreirati servisni račun u delu *Credentials* koji se koristi za autentifikaciju kada aplikacija komunicira sa *Google* servisima i generisati privatni ključ koji se u *JSON* formatu čuva na uređaju.
4. Instalirati na računaru *Google Cloud SDK* koji omogućava upravljanje resursima na *Google Cloud*-u putem komandne linije.
5. Aktivirati servis pokretanjem naredne komande iz komandne linije:

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

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 vebu [18].

Upotreba *Google Cloud API*-ja može biti malo složenija u kombinaciji sa programskim jezikom *Java* u poređenju sa nekim drugim jezicima. Programski jezik *Java* zahteva dodatne korake za generisanje klijentskih biblioteka korišćenjem *gRPC*

(eng. *Google Remote Procedure Call*) [8] i *Protobuf* (skraćeno od eng. *Protocol Buffer*) datoteka [23]. O ovome će biti više reči u narednom poglavlju.

Kako bi aplikacija mogla da koristi metode iz *API*-ja potrebno je ostvariti konekciju sa serverom. U klasi koja služi da omogući komunikaciju između aplikacije i servera kreira se instanca klase *ManagedChannel* koja je deo *Java gRPC* biblioteke. Ovoj instanci se prosleđuju adresa i port *gRPC* servera, kao i privatni 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 koji je prethodno generisan koristi se objekat klase *ClientAuthInterceptor*. Ovaj objekat obezbeđuje da se uz svaki zahtev prema serveru pošalju sve potrebne informacije za autentifikaciju kako bi zahtev mogao da bude obrađen.

Glava 3

Implementacija aplikacije

U ovom poglavlju će biti opisana implementacija aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju* [1]. Prvo će biti navedene i objašnjene biblioteke, kao i softver 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. Na samom kraju poglavlja biće prikazani rezultati izvršenih testiranja.

3.1 Potrebne instalacije

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

- Razvojno okruženje *Android Studio*
- Virtuelna mašina za *Javu*, verzija 11
- Okvir za pozivanje funkcija na serveru *gRPC*
- Prevodilac za *Protobuf* datoteke *protoc* [9]

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

3.2 Opis rada aplikacije

U ovom delu će biti objašnjeni koraci za instaliranje, kao i detalji pokretanja i upotrebe aplikacije.

Instalacija

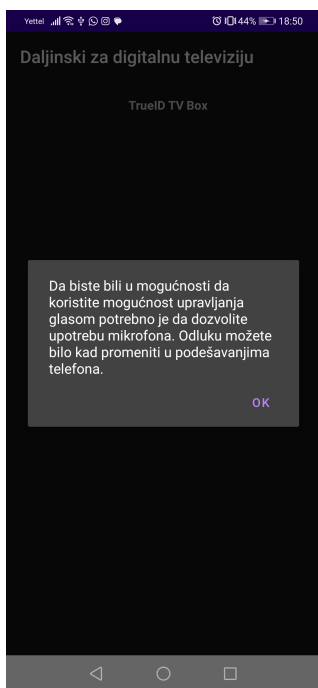
Instaliranje Android aplikacija na mobilne telefone je moguće na više načina. Najjednostavniji način je preuzimanje aplikacije iz *Google Play* prodavnice. Ako aplikacija nije dostupna preko prodavnice, može se instalirati preuzimanjem datoteke u formatu **APK** (eng. *Android Package*). **APK** predstavlja 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 je *daljinski.apk* [2]. 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`.

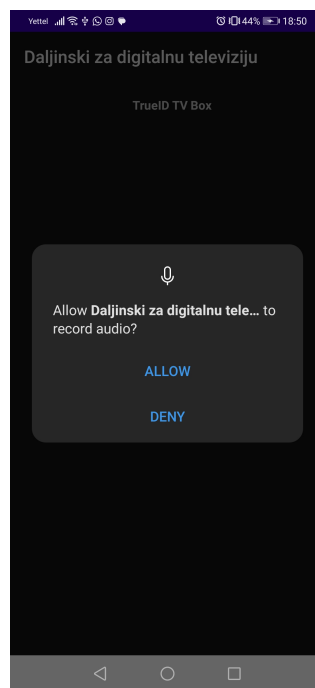
Pokretanje i korišćenje

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



(a) Obaveštenje o traženju dozvole



(b) Prikaz sistemskog obaveštenja

Slika 3.1: Snimci ekrana pri pokretanju aplikacije

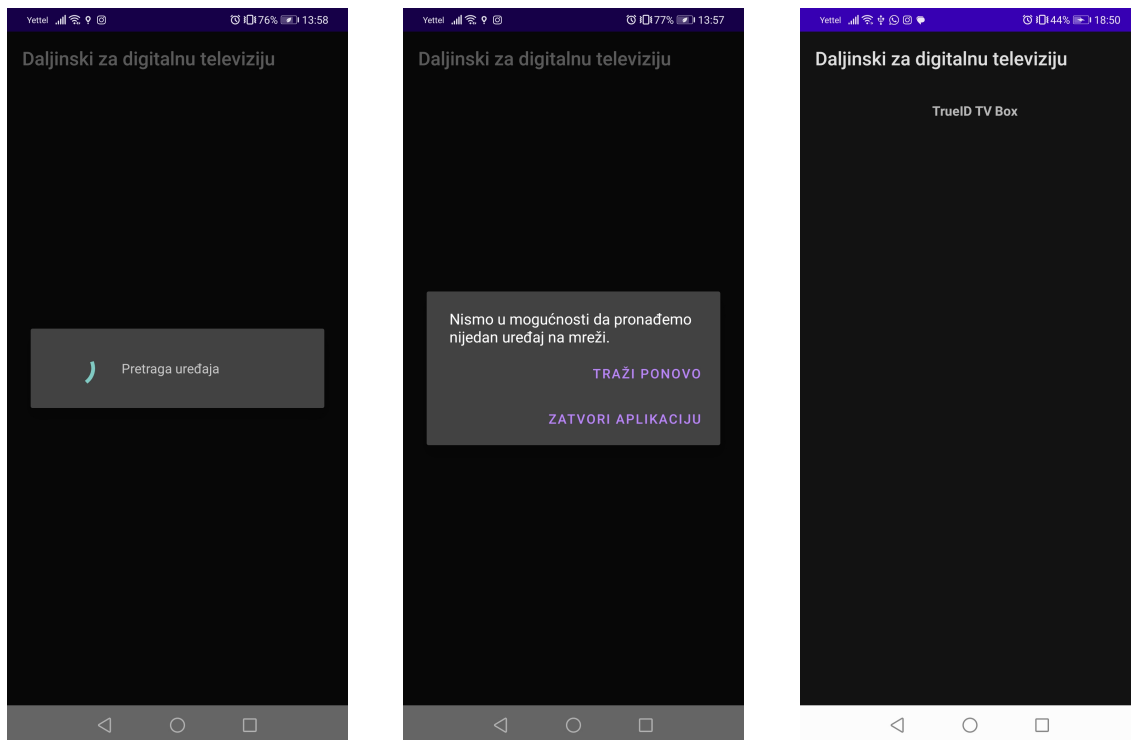
uređajem.

Na uređaju sa kojim se pokušava uparivanje se prikazuje 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. U suprotnom korisnik može neometano da ih koristi.

Levo dugme za mikrofonsko snimanje 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 mikrofonski 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 mikrofonski generisan na standardni način koji obezbeđuje *Google*. Pritiskom na dugme se pojavljuje polje generisano od

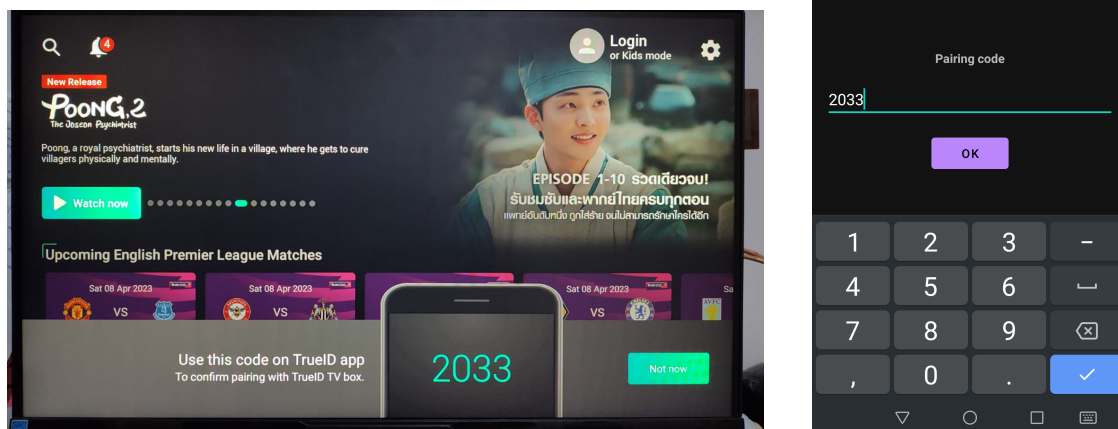


(a) Pretraga u toku

(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

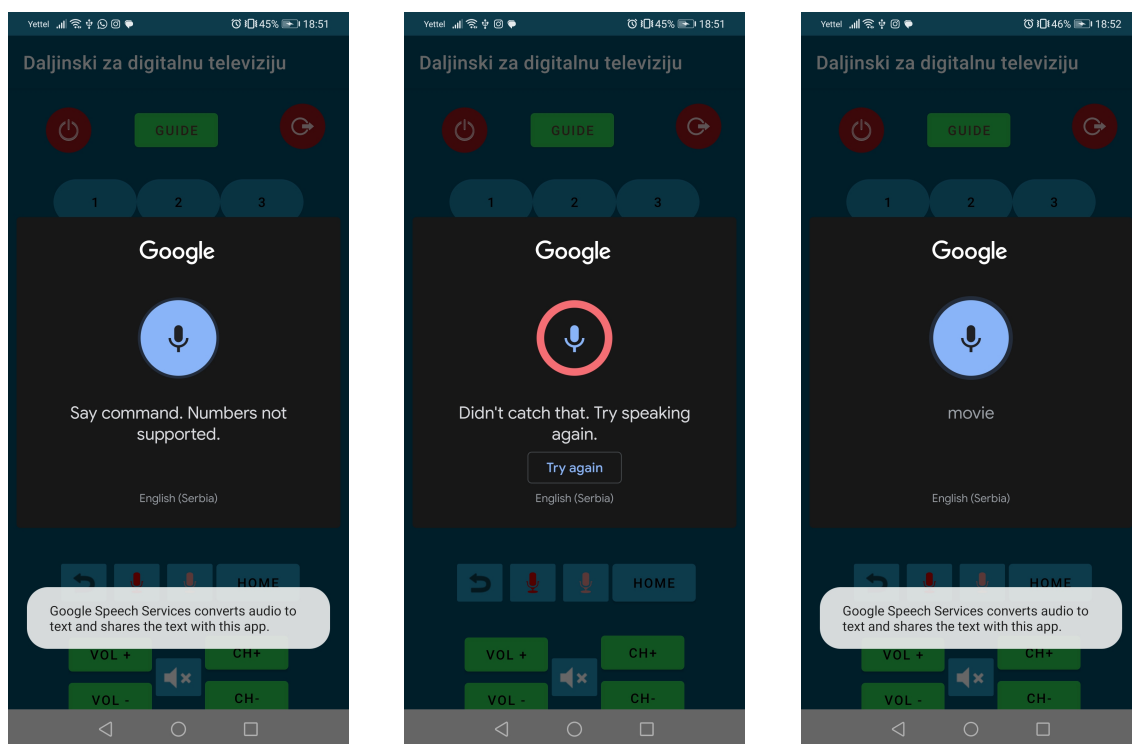
Tabela 3.1: Podržane glasovne komande

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

strane *Google*-a kao na slici 3.4a. Izgled tog polja pri neuspešnom slušanju je prikazan na slici 3.4b, 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 izvršena 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



(a) Inicijalni prikaz

(b) Prikaz neuspeha

(c) Prikaz uspeha

Slika 3.4: Snimci ekrana polja za slušanje generisanog od strane kompanije Gugl povezivanja.

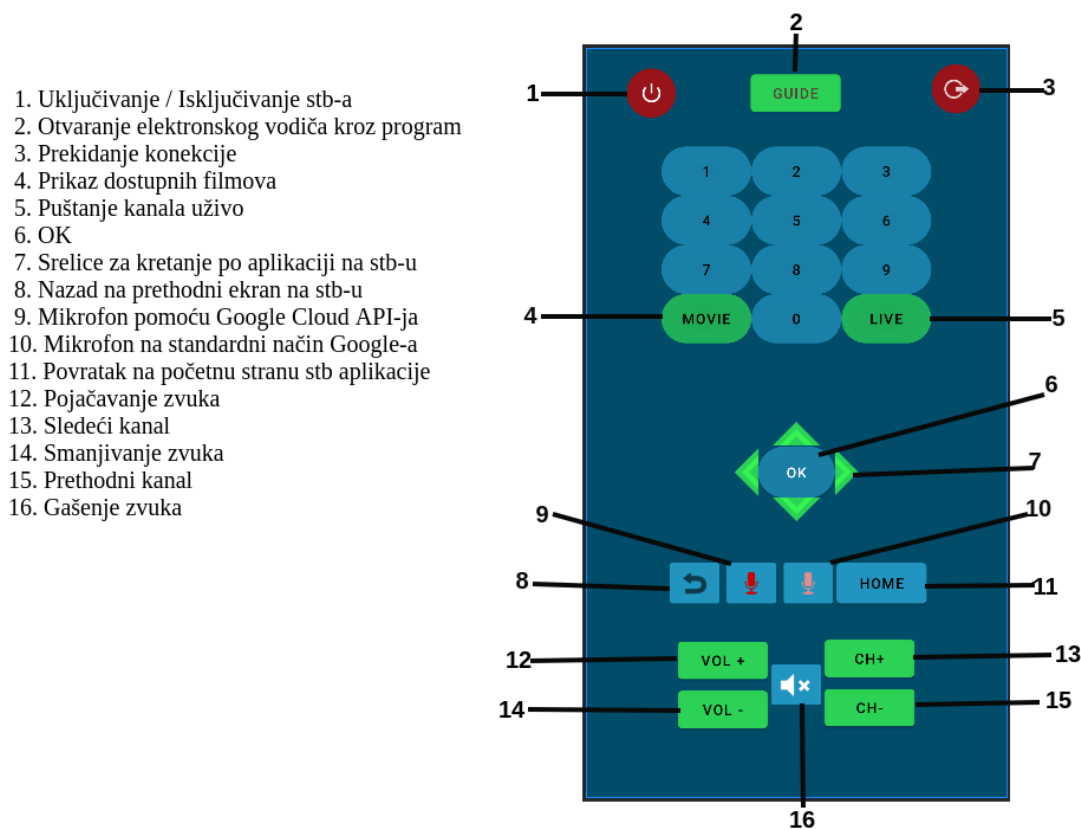
3.3 Struktura projekta

Kôd svake Android aplikacije se nalazi u direktorijumu: **app**. Osnovnu strukturu direktorijuma **app** bilo koje Android aplikacije čine poddirektorijumi:

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

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

- *AndroidTest* u kom se smeštaju svi testovi koje je potrebno pokrenuti na Android uređaju,



Slika 3.5: Snimak ekrana, opis komandi

- *test* u kom se smeštaju svi testovi za testiranje jedinica koda (eng. *unit tests*)
- *main* u kom se nalazi ceo izvorni kôd.

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

- *AndroidManifest.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 izgradnje 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 koja važe za ceo projekat, dok datoteke na nivou modula čine pravila za modul u kom se nalazi datoteka. Svaka ova datoteka se sastoji od više blokova koji grupišu unutar sebe pravila, odnosno opcije koje se primenjuju.

Za uspešno korišćenje servisa *Google Cloud* servisa u aplikaciji, neophodno je uvesti podršku za obradu *Protobuf* datoteka. *Protobuf* je interfejs za definiciju jezika (eng. *Interface Definition Language*, skraćeno IDL) koji definiše strukturu podataka i programski interfejs [24]. 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 u datoteci *AndroidManifest.xml* je etiketa za aplikaciju. U okviru ove etikete su postavljene vrednosti naziva aplikacije, slika kojom je aplikacija predstavljena, ciljani API nivo kao i dve aktivnosti koje su napravljene. Prva aktivnost je *ChooseConnection*,

koja predstavlja odabir uređaja sa kojim će se korisnik povezati i ona je obeležena kao glavna aktivnost. Druga aktivnost je *RemoteView* koja čini prikaz daljinskog upravljača.

```
1 <uses-permission android:name="android.permission.INTERNET" />
2 <uses-permission android:name="android.permission.ACCESS_WIFI_STATE"
  "/>
3 <uses-permission android:name="android.permission.READ_PHONE_STATE"
  />
4 <uses-permission android:name="android.permission.VIBRATE" />
5 <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 podese vidljivost. Komponente su:

- *RecyclerView* sa id-jem `@+id/rv_boxes_list` koji prikazuje spisak uređaja na mreži

- 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.

The figure illustrates the mapping from a software GUI to its hardware implementation. On the left, the GUI consists of several functional areas: a top bar with power, guide, and refresh icons; a central 3x3 numeric keypad; a diamond-shaped OK button; a bottom row with back, voice search, microphone, and home buttons; and a volume/channel control section at the bottom with plus/minus buttons for volume and channel, along with a mute icon. On the right, the hardware circuit diagram shows how these GUI elements are realized. Each button is connected to specific I/O pins of a microcontroller. For example, the 'powerBtn' is connected to pin 40, 'GUIDE' to pin 20, and 'refreshBtn' to pin 16. The numeric keypad buttons are connected to pins 28, 29, 30, 31, 32, 33, 34, 35, and 36. The 'OK' button is connected to pin 50. The bottom row buttons ('backBtn', 'micBtn', 'microphone', 'HOME') are connected to pins 1, 2, 3, and 4 respectively. The volume/channel controls ('VOL +', 'VOL -', 'CH+', 'CH-', 'muteBtn') are connected to pins 5, 6, 7, 8, and 9.

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

ConstraintLayout, *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 poredani 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 podaci koje aplikacija pruža proslediti komponenti i prikazati.

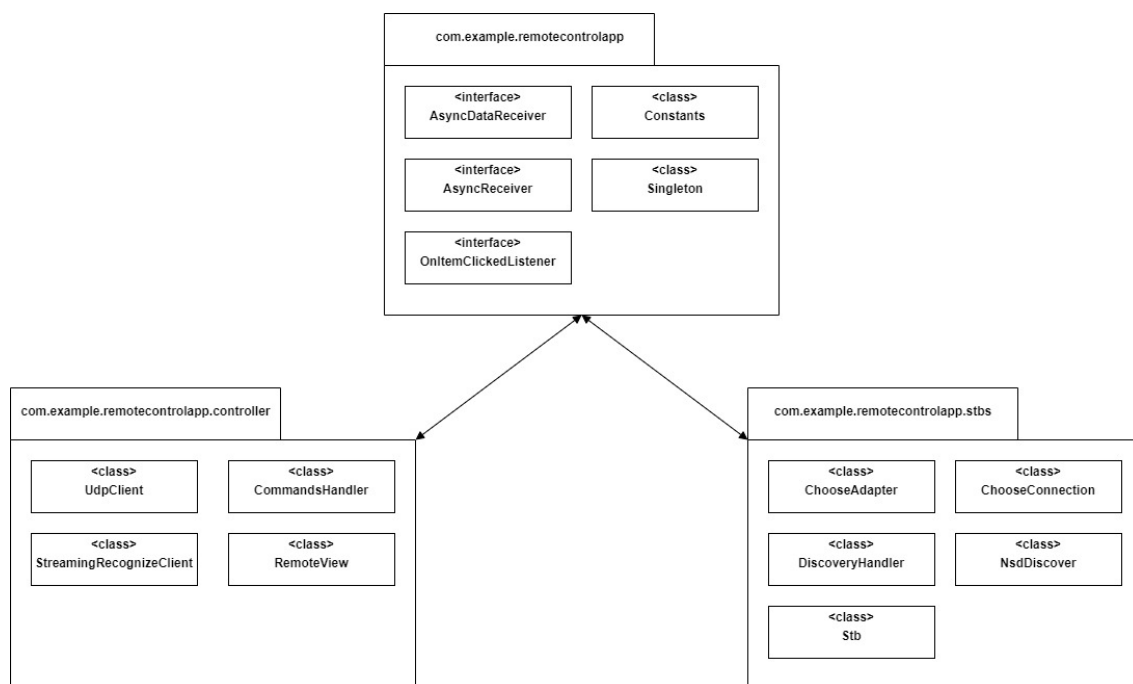
TextView i *EditText* su klase koje predstavljaju elemente za rad sa tekstom. Svaka potreba za prikazom nekog teksta korisniku je rešena kreiranjem pogleda tipa *TextView*, a potreba za izmenom ili unosom nekog teksta kreiranjem polja sa mogućnošću izmene, odnosno *EditText*.

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 deklariše 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



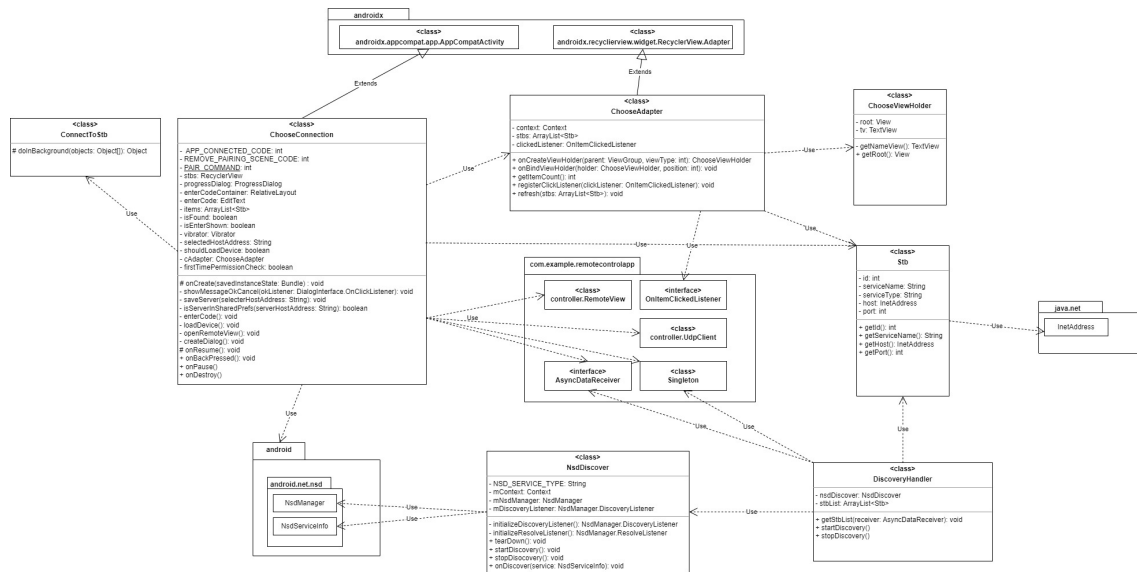
Slika 3.7: Dijagram paketa

Klase unutar paketa **stbs** su:

- Klasa *ChooseAdapter* koja se koristi za prikaz liste pronađenih uređaja,
- Klasa *ChooseConnection* koja se koristi za odabir i povezivanje sa izabranim uređajem,
- Klasa *DiscoveryHandler* koja se koristi za pronalaženje dostupnih uređaja na mreži,
- Klasa *NsdDiscover* koja se koristi za korišćenje NSD (eng. *Network Service Discovery*) mehanizma za pronalaženje uređaja i
- Klasa *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:



Slika 3.8: Dijagram klasa za paket stbs

- Klasa *CommandsHandler* koja je odgovorna za obradu i slanje komandi na uređaj,
- Klasa *RemoteView* koja se bavi prikazom daljinskog upravljača i interakcijom korisnika sa aplikacijom,
- Klasa *UdpClient* koja omogućava komunikaciju putem UDP protokola i
- Klasa *StreamingRecognizeClient* koja 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 aplikacije nalaze se sledeće klase i interfejsi:

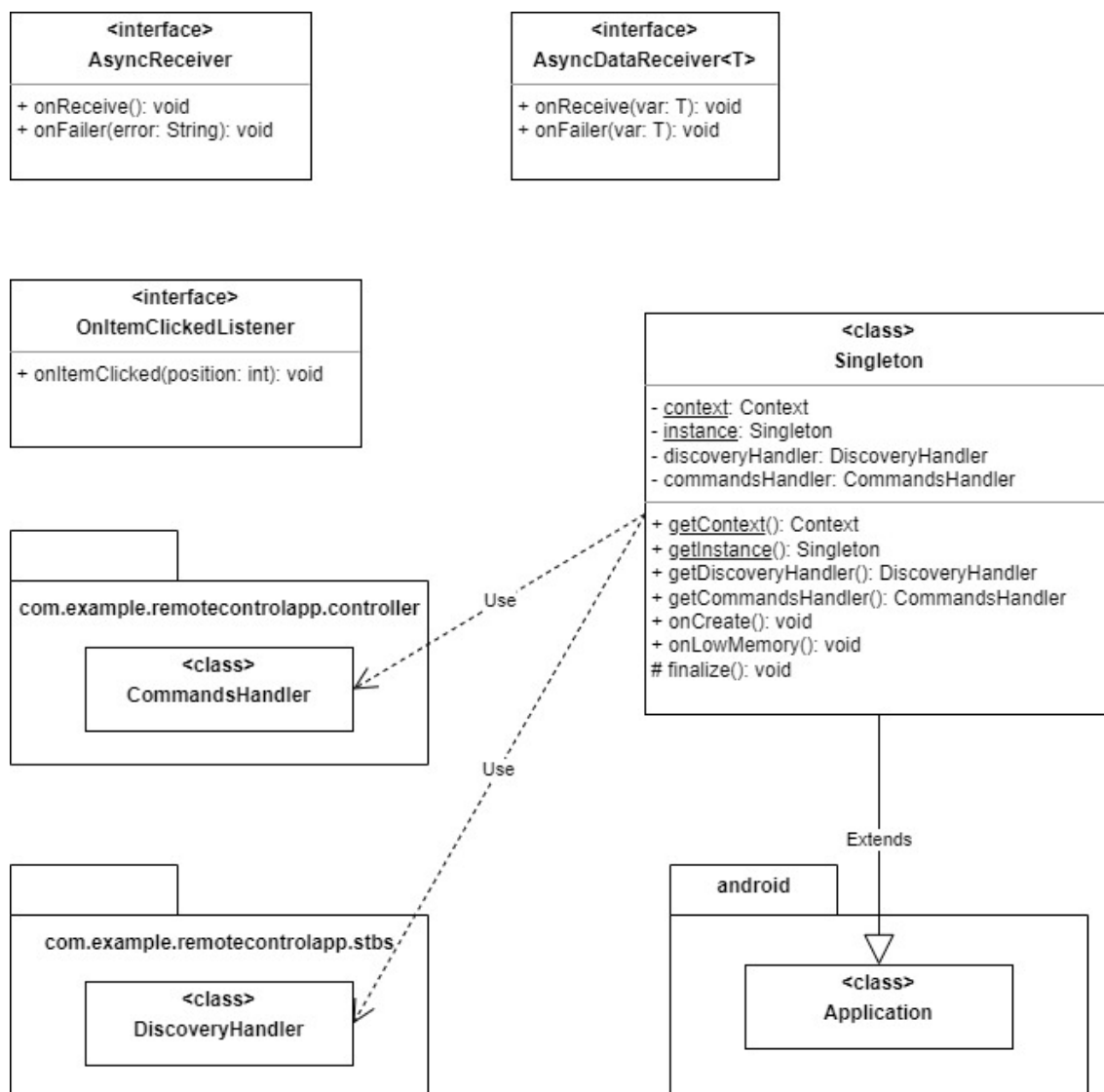
- Interfejs *AsyncDataReceiver* se koristi kada je potrebno vratiti specifične podatke nakon završetka asinhronne operacije.,
- Interfejs *AsyncReceiver* se koristi kada je potrebno samo obavestiti o uspehu ili neuspehu asinhronne operacije bez vraćanja specifičnih podataka,
- Interfejs *OnItemClickedListener*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



Njihov dijagram klasa je prikazan na slici 3.10.

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.

29



Slika 3.10: Dijagram klasa za glavni paket aplikacije

Implementacija pretrage uređaja

Sa ciljem pretrage uređaja na istoj mreži u skupu paketa koje su dostupne nalazi se paket `android.net.nsd`. Otkrivanje mrežnih servisa (eng. *Network Service Discovery*, skraćeno *NSD*) [21] obezbeđuje klase koje pružaju usluge pronalaska svih servisa koje pružaju uređaji koji su povezani na lokalnu mrežu. Za potrebe aplikacije kreirana je klasa *NsdDiscover* koja koristiti mogućnosti za prepoznavanje koje pruža ova biblioteka. Pored ove klase kreirana je klasa *DiscoveryHandler* koja koristi prethodno kreirane metode u svrhu upravljanja pretragom i rezultatima.

Da bi se iskoristio NSD aplikacija mora da implementira osluškivač pretrage (eng.

discovery listener) i osluškivač rezultata (eng. *resolve listener*). Ovi osluškivači reaguju na otkriće servisa na mreži, kao i na gubitak servisa sa mreže. NSD menažer (eng. *NsdManager*) je klasa koja omogućava implementaciju ovih osluškivača i obezbeđuje proces identifikacije uređaja i servisa na lokalnoj mreži. Za implementaciju NSD-a su u klasi *NsdDiscover* inicijalizovani osluškivači i prepisane njihove predefinisane metode da odgovaraju potrebama aplikacije.

Osluškivač pretrage reaguje na različite događaje u procesu otkrivanja servisa. Metode koje su dostupne da se prepišu i prilagode potrebama aplikacije su:

- *onDiscoveryStarted* — automatski se poziva kada počne pretraga, uz pomoć klase *WiFiManager* dohvataju se dostupne informacije o bežičnoj internet konekciji,
- *onServiceFound* — poziva se kada se otkrije neki servis na lokalnoj mreži, ovde se vrše provere da li servis koji se traži i definiše se šta se izvršava ukoliko je pronađen traženi servis,
- *onServiceLost* — poziva se kada servis više nije dostupan,
- *onDiscoveryStopped* — poziva se kada se zaustavi pretraga,
- *onStartDiscoveryFailed* — poziva se ukoliko nakon nekog vremena nije bilo moguće da se pokrene pretraga,
- *onStopDiscoveryFailed* — poziva se ukoliko nakon nekog vremena nije bilo moguće da se zaustavi pretraga.

Osluškivač rezultata je zadužen da kada se pronađu servisi da dohvati i upravlja informacijama koje su dobijene. Neke od informacija koje se dobijaju ovim putem su naziv hosta i broj porta. Metode koje je moguće prepisati prilikom inicijalizacije osluškivača rezultata su:

- *onServiceResolved* — ukoliko su pronalazak servisa i dohvatanje informacija o njemu uspešno izvršeni poziva se ova metoda koja dalje prosleđuje informacije,
- *onResolveFailed* — definiše ponašanje ukoliko rešavanje ne uspe i pruža informacije o grešci koja je nastupila.

Korišćenje osluškivača na ovaj način obezbeđuje da se asinhrono izvršava otkrivanje i rešavanje mrežnih servisa. Ovim se sprečava da dođe do blokiranja korisničkog

interfejsa dok se izvršavaju ove operacije. Samim tim korisnik nije svestan posla koji se dešava u pozadini i obezbeđuje se bolje korisničko iskustvo.

Potrebno je definisati i jednu funkciju povratnog poziva (eng. *callback*) `public void onDiscover(NsdServiceInfo service){}` koja će biti pozivana kada se pozove metoda `onServiceResolved` i kojoj će biti prosleđene informacije koje su dobijene. U klasi *DiscoveryHandler* prilikom kreiranja instance klase *NsdDiscover* će ova funkcija povratnog poziva biti prepisana. Klasa *DiscoveryHandler* je kreirana da bi pružila logiku koja će se izvršavati za pretragu. Ovo je prikazano u listingu 3.2 putem definicije funkcije 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 3.2: 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 koristi za potrebe ove aplikacije poržava UDP protokol. UDP ne garantuje isporuku paketa, ali zato omogućava brzu i efikasnu komunikaciju, što ga čini pogodnim za aplikacije u realnom vremenu, kao što je video strimovanje (eng. *streaming*) i strimovanje zvuka. Metode koje su implementirane za izvršenje UDP komunikacije su:

- *connect* — uspostavlja konekciju preko date IP adrese i porta. Ova metoda se izvršava asinhrono na novoj niti. Za uspostavljanje konekcije se koristi klasa *DatagramSocket* koja je deo standardne biblioteke programskog jezika Java,
- *disconnect* — zatvara soket ukoliko postoji,
- *send* — šalje komande na uređaj,
- *startListening* — osluškuje na odgovor od strane servera (u ovoj implementaciji uređaja sa kojim se povezalo),
- *stopListening* — prekida rad niti koja osluškuje čekajući odgovor.

Takođe, kreirana je i unutrašnja klasa *ConnectToStb* koja izvršava asinhroni zadatak u pozadini. U okviru ove klase, *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. Detaljan opis klase *ConnectToStb* se nalazi u listingu 3.3.

```
1 private class ConnectToStb extends AsyncTask {
2     @Override
3     protected Object doInBackground(Object[] objects) {
4         //Pozicija u listi pronadjenih uredjaja
5         int position = (int) objects[0];
6         final UdpClient client = new UdpClient();
7         final InetAddress inetAddress = items.get(position).getHost();
8         client.connect(inetAddress, items.get(position).getPort(), new
9             AsyncReceiver() {
10                 @Override
11                 public void onReceive() {
12                     //Cuvanje instance klijenta sa kojim se povezujemo
13                     Singleton.getInstance().getCommandsHandler().setClient(client);
14                     //Ukoliko nemamo sacuvanu konekciju sa datim uredjajem
15                     if (!isServerInSharedPrefs(inetAddress.getHostAddress())) {
16                         //Slanje komande za povezivanje
17                         Singleton.getInstance().getCommandsHandler().getClient()
18                             .send(PAIR_COMMAND + "@" + Singleton.getInstance().
19                                 getCommandsHandler()
20                                     .getRandomNumber());
21                         //Potrebno je otvoriti dijalog za unos i obradu koda
22                     } else {
```

```
21      //Ukoliko je sacuvana konekcija sa datim klijentom dovoljno
22      //je poslati kod uredjaju da je aplikacija povezana sa njim
23      //i pozvati funkciju koja menja trenutnu aktivnost za
24      //aktivnost sa planom daljinskog upravljacka
25  }
26      //UDP klijent osluskuje poruke koje se salju
27      client.startListening();
28  }
29  // ...
30 }
```

Listing 3.3: 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 pakuje u jedan *DatagramPacket* [13] i preko soketa šalje povezanom uređaju. Preduslov da ova funkcija radi je da je soket povezan, odnosno da je komunikacija ostvarena za zadatu mrežu i port. Implementacija funkcije je zadata u listingu 3.4.

```
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    })
```



```
17     }.start();  
18 }
```

Listing 3.4: 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, zadrži ili pusti neki taster na fizičkom uređaju, a istoimena klasa služi za rukovanje ovim događajima. Svaki od tastera ima svoju numeričku vrednost, odnosno kôd tastature (eng. *Key Code*). Događaj tastature i kôd tastature se često koriste zajedno kako bi se ispravno reagovalo na pritiske tastera. Nije potrebno znati vrednosti ovih konstanti napamet jer im se može pristupiti uključivanjem paketa `android.view.KeyEvent`.

Kreirana je klasa *CommandsHandler* koja služi da upravlja komandama. Implementirane su funkcije za sve funkcionalnosti daljinskog upravljača. 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();
```

Aplikacija je kreirana tako da ima jednu instancu kojoj možemo pristupiti pomoću klase *Singleton* i njene funkcije *getInstance()*. Instanci klase *CommandsHandler* preko koje se vrši upravljanje komandama se pristupa pozivom funkcije *getCommandsHandler()*. Nakon pristupa ovoj instanci poziva se funkcija za otvaranje početnog ekrana. Linija koda koja se izvršava pri ovom pozivu iz klase *CommandsHandler* je

```
getClient().send(String.valueOf(android.view.KeyEvent.KEYCODE_HOME));
```

Na isti način moguće je pristupiti svim funkcijama definisanim u klasi *CommandsHandler*

Standardni način implementacije prepoznavanja govora

Kao standardni način za prepoznavanje glasovnih komandi koji je obezbeđen od strane Gugla se smatra upotreba klase *Recognizer Intent*. Ova klasa je deo *Speech Recognizer API*-ja ugrađenog u Android, a sve metode koje su definisane u nje-mu je potrebno izvršavati na glavnoj niti (eng. *Main Thread*). Da bi se pokrenuo proces prepoznavanja govora kreira se namera sa akcijom `RecognizerIntent.ACTION_RECOGNIZE_SPEECH`. Ova naredba pokreće aktivnost koja sluša korisnikov govor i prepoznaje ga. Klasa *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 rezultata 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 biblioteku gRPC za komunikaciju između klijentske aplikacije i servisa *Google Cloud*. Za sve servise *Google Cloud*-a postoje gRPC interfejsi koji definišu način komunikacije između klijenta i servera. Ovi interfejsi su definisani putem Protobuf interfejsa za definiciju jezika (eng. *Interface Definition Language*, skraćeno *IDL*). Kako bi bilo moguće koristiti gRPC interfejse i njihove funkcije potrebno je preuzeti fajlove sa zvaničnog *Googleapis GitHub* repozitorijuma [16]. 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 3.5

```
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(
28            streamingConfig).build();
29    requestObserver.onNext(initial);
30 }
```

Listing 3.5: Inicijalizacija korišćenja Google Cloud Speech API-ja

Bitne metode koje se prepisuju su *onNext* koja se 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

nitima 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 obučenosć 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.

3.9 Testiranje aplikacije

Bitan deo razvoja softvera čini testiranje [3]. Uz pomoć njega se proveravaju kvalitet i funkcionalnost softvera što olakšava uočavanje i ispravljanje grešaka na vreme. Testiranje pomaže i da se proverí da li su svi zahtevi koji su postavljeni pri planiranju ispunjeni.

Jedan od oblika testiranja koji se najčešće primenjuje je testiranje jedinica koda (eng. *unit testing*). Kod ovog testiranja testiraju se manje komponente aplikacije, kao na primer metode, i proverava se da li rade kako je očekivano. Moguće je kreirati lažne (eng. *mock*) vrednosti da simuliraju komunikaciju sa drugim klasama, mrežom, bazom podataka i sl. jer direktna međusobna komunikacija u ovim testovima nije dozvoljena. Pored automatizovanih testova u koje spada testiranje jedinica koda, veliku primenu u razvoju softvera ima i manuelno testiranje.

Za testiranje jedinica koda aplikacija napisanih u programskom jeziku Java najčešće se koristi radni okvir *JUnit* [32]. Pored ovog radnog okvira za testiranje aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju* korišćen je i radni okvir *Mockito* [31] koji pruža dobru simulaciju lažnih vrednosti. Izvršeni su testovi jedinica koda za pet klasa ove aplikacije, ukupno 38 jediničnih testova. Napisani su jedinični testovi za: dohvaćanje instance aplikacije, proveru hosta, porta, naziva servisa i proveru zatvaranja, otvaranja i slanja podataka preko soketa. Pored ovih testova testirane su sve funkcije iz klasa *CommandsHandler* i *StreamingRecognizeClient* gde je provereno da li svaki klik poziva adekvatnu funkciju i da li se svaka fraza iz skupa podržanih poziva ispravno.

Android pruža mogućnost kreiranja testova koji omogućavaju da se testiraju delovi koda koji imaju interakciju sa grafičkim interfejsom aplikacije [20]. Ovi testovi se izvršavaju pomoću *AndroidX Test* biblioteke koja obezbeđuje veliki broj API-ja koje se mogu koristiti za testiranje. Za potrebe aplikacije *Daljinski za digitalnu televiziju* korišćen je *Espresso* [14]. Na ovaj način testirane su funkcionalnosti za izbor STB uređaja sa kojim će se korisnik povezati.

Testiranje celokupne aplikacije je izvršeno i manuelno sa većim fokusom na funkcionalnosti nakon povezivanja. Ovo testiranje je izvršeno više puta tokom implementacije aplikacije kako bi se dobili korisni komentari od strane korisnika. Nekoliko kolega je učestvovalo u testiranju i pružilo sugestije i impresije o radu aplikacije. Korišćenje svih dugmića za daljinski upravljač se pokazalo 100% uspešnim. Problemi su se javljali prilikom korišćenja prepoznavanja glasa. Nijedna fraza nije pokazala

apsolutnu tačnost, kraće fraze kao što su *ok*, *back*, *up*, *down*, *next* i *silent* su imale bolju prolaznost od dužih fraza i reči koje imaju više načina izgovora. Standardni način prepoznavanja govora je pokazao situacije u kojima ili ne prepozna šta je rečeno ili prepozna pogrešno. *Google* način je dovodio do situacija gde prepozna deo fraze, pogotovo ako se napravi kraća pauza između reči, kao i do situacija da uopšte ne osluškuje.

Glava 4

Zaključak

Ovaj rad je prikazao sve korake potrebne da se implementira Android aplikacija sa funkcionalnostima daljinskog upravljača. Svi koraci koji su potrebni za povezivanje, a zatim i način upravljanja sa uređajem su intuitivni za korisnika i poboljšavaju korisničko iskustvo.

Prilikom implementacije nailazila sam na izazove koji su odužili proces implementacije aplikacije. Glavni izazov je bilo to što je kompanija *Google* prestala da daje mogućnost da se iz Srbije privatni korisnici registruju za njihove usluge. Tada je bilo potrebno naći način da se preko podataka neke kompanije kreira nalog ili da se menja smer rada. Iskoristila sam podatke porodične firme i na taj način uspela da nastavim u istom smeru. Drugi bitan izazov je bila integracija *Google Speech-to-Text API*-ja. Zbog izbora programskog jezika Java za implementaciju aplikacije bilo je potrebno prevoditi protokol bafer koji generiše nove datoteke. *Android Studio*-ju je često bilo potrebno više ponovnih pokretanja kako bi detektovao da su izgenerisane nove datoteke i dopustio da se koriste.

Oba načina prepoznavanja glasovnih komandi pružaju očekivane rezultate. Bolje se pokazao način pomoću *Google Speech-to-Text API*-ja zato što pruža i alternativne verzije prepoznatog, bolje reaguje na srpski akcenat pri pričanju engleskog jezika i nudi mogućnost prepoznavanja srpskog jezika. Standardni način omogućava programeru brže rešenje sa strane implementacije, bez ikakvih plaćanja usluga i nudi svoje grafičko rešenje dok osluškuje.

Potrebe tržišta se stalno menjaju jer se menjaju zahtevi koji korisnici imaju. Samim tim i ova aplikacija ima mesta za unapređenje. Prva stvar koja bi ubrzala izvršavanje i olakšala implementaciju je prelazak na programski jezik Kotlin i korišćenje svih prednosti koje ovaj jezik pruža. Testiranje je ukazalo na potrebu za

refaktorisanjem koda i poželjno poštovanje čiste arhitekture prilikom implementacije. Prepoznavanje glasovnih komandi bi trebalo proširiti na skup svih mogućih funkcionalnosti koje klijentska aplikacija pruža, a skup podržanih fraza proširiti nakon anketiranja korisnika kako bi odgovaralo što više njihovim potrebama. Kako je rad usmeren na STB uređaje jedne firme značajno poboljšanje bi bila mogućnost povezivanja sa bilo kojim STB uređajem u okolini. Kako bi se ovo implementiralo potrebno je znati naziv servisa koji uređaj pruža i koji protokol za komunikaciju koristi što nije moguće saznati bez direktnog kontakta sa pružaocima usluga.

Bibliografija

- [1] Implementacija aplikacije Daljinski za digitalnu televiziju. on-line at: https://github.com/tasjenka7/master_rad/tree/main/RemoteControlApp.
- [2] Instalaciona datoteka. on-line at: https://drive.google.com/file/d/1gBlfRibn4jrFDe3TTBCsHUq9MDowEBty/view?usp=drive_link.
- [3] José Bacelar Almeida, Maria João Frade, Jorge Sousa Pinto, and Simão Melo de Sousa. *Rigorous Software Development - An Introduction to Program Verification*. Springer, 2011.
- [4] Rick Boyer. *Android 9 Development Cookbook, Third Edition*. Packt, 2018.
- [5] Ian F. Darwin. *Android Cookbook, Second Edition*. O'Reilly, 2017.
- [6] BusinessOfApps David Curry. Android Statistics (2022), 2022. on-line at: <https://www.businessofapps.com/data/android-statistics/>.
- [7] Kotlin Foundation. Kotlin programski jezik. on-line at: <https://kotlinlang.org/docs/android-overview.html>.
- [8] gRPC Authors. gRPC. on-line at: <https://grpc.io/about/>.
- [9] gRPC Authors. Protoc. on-line at: <https://grpc.io/docs/protoc-installation/>.
- [10] Erik Hellman. *Android Programming, Pushing the Limits*. Wiley, 2014.
- [11] Darren Cummings Iggy Krajci. *Android on x86, An Introduction to Optimizing for Intel Architecture*. Apress, 2013.
- [12] Nemanja Lukić Ištvan Papp. *Projektovanje i arhitekture softverskih sistema: Sistemi zasnovani na Androidu*. FTN Izdavaštvo, 2015.

- [13] Google LLC. Datagram Packet. on-line at: <https://developer.android.com/reference/java/net/DatagramPacket>.
- [14] Google LLC. Espresso. on-line at: <https://developer.android.com/training/testing/espresso>.
- [15] Google LLC. Google Ads API. on-line at: https://ads.google.com/intl/sr_rs/getstarted/.
- [16] Google LLC. Google APIs Github repozitorijum. on-line at: <https://github.com/googleapis/googleapis/tree/master/google/cloud/speech>.
- [17] Google LLC. Google Cloud Apis. on-line at: https://cloud.google.com/apis/docs/overview#about_cloud_apis.
- [18] Google LLC. Google Cloud Console. on-line at: <https://cloud.google.com/speech-to-text/docs/ui-overview>.
- [19] Google LLC. Google Cloud Speech-To-Text API. on-line at: <https://cloud.google.com/speech-to-text>.
- [20] Google LLC. Instrumented tests. on-line at: <https://developer.android.com/training/testing/instrumented-tests>.
- [21] Google LLC. Network Service Discovery. on-line at: <https://developer.android.com/training/connect-devices-wirelessly/nsd>.
- [22] Google LLC. Platforma Google Maps. on-line at: <https://mapsplatform.google.com/>.
- [23] Google LLC. Protocol Buffer. on-line at: <https://protobuf.dev/>.
- [24] Google LLC. Protocol Buffers, proto3. on-line at: <https://cloud.google.com/apis/design/proto3>.
- [25] Google LLC. Spisak dostupnih Google API-ja. on-line at: <https://developers.google.com/apis-explorer>.
- [26] Google LLC. YouTube API. on-line at: <https://developers.google.com/youtube/v3>.

- [27] Google LLC. Dalvik VM, 2020. on-line at: <https://source.android.com/devices/tech/dalvik>.
- [28] Google LLC. Android Developers, 2022. on-line at: <https://developer.android.com/>.
- [29] Google LLC. Android Developers Arhitektura, 2022. on-line at: <https://developer.android.com/guide/platform>.
- [30] MIT. Android Manifest. on-line at: <https://stuff.mit.edu/afs/sipb/project/android/docs/guide/topics/manifest/manifest-intro.html>.
- [31] Mockito org. Mockito. on-line at: <https://site.mockito.org/>.
- [32] The JUnit Team. JUnit. on-line at: <https://junit.org/junit5/>.
- [33] 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 Beogradu, 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.