
TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií

Studijní program: B2612 – Elektrotechnika a informatika
Studijní obor: 1802R022 – Informatika a logistika

**Digitální záznam a analýza telefonních
hovorů na mobilním přístroji**

**Digital recording and analysis of telephone
calls on mobile device**

Bakalářská práce

Autor: **Luděk Reif**
Vedoucí práce: prof. Ing. Jan Nouza, CSc.

V Liberci 16. 5. 2013

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Luděk Reif**
Osobní číslo: **M10000276**
Studijní program: **B2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Informatika a logistika**
Název tématu: **Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji**
Zadávající katedra: **Ústav informačních technologií a elektroniky**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

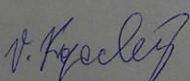
1. Nastudujte problematiku záznamu telefonního rozhovoru na mobilním přístroji (s operačním systémem Android)
2. Vytvořte program, který bude v požadované kvalitě zaznamenávat hovor obou hovořících stran. Výsledkem bude zvukový záznam s oddělenými kanály (ve formátu stereo WAV). V případě, že záznam bude prováděn pro každou stranu zvlášť, je třeba zajistit přesné sesynchronizování obou záznamů a jejich export do souboru v požadovaném formátu.
3. Vytvořte databázi nahrávek simulovaných (avšak realistických) hovorů na různá témata -vhodných pro další analýzu. Rozsah databáze by měl být alespoň 50 hovorů, každý v minimální délce 2 minuty. Nahrávání by se mělo zúčastnit alespoň 10 různých osob, které písemně potvrdí souhlas s nahráváním a s využitím nahrávek pro další zpracování.
4. Pro každou nahrávku bude vyhotoven její přesný textový přepis s příslušnými časovými údaji.
5. Na základě záznamů a přepisů provedte analýzu hovorů v databázi z hlediska jazykového a z hlediska chování při dialogu.

Rozsah grafických prací: Dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy: cca 40-50 stran
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná/elektronická
Seznam odborné literatury:

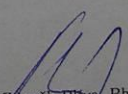
[1] webové stránky věnované operačnímu systému Android

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Nouza, CSc.
Ústav informačních technologií a elektroniky

Datum zadání bakalářské práce: 1. října 2012
Termín odevzdání bakalářské práce: 20. května 2013


prof. Ing. Václav Kopecký, CSc.
děkan




prof. Ing. Zdeněk Pliva, Ph.D.
pověřen vedením ústavu

V Liberci dne 1. října 2012

PROHLÁŠENÍ

Byl jsem seznámen s tím, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím bakalářské práce a konzultantem.

V Liberci dne 16. 5. 2013

Podpis

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji touto cestou vedoucímu bakalářské práce prof. Ing. Janu Nouzovi, CSc. za jeho odborné vedení a připomínky, které mi pomohli tuto práci dokončit.

Dále pak patří mé poděkování mému otci a všem dalším, kteří mě podporovali po celou dobu mého studia.

ABSTRAKT

Práce je zaměřena na vytvoření programu pro nahrávání na mobilním telefonu, na analýzu a následné vyhodnocení těchto nahrávek. Program je napsán pro operační systém Android. Pomocí něj byla vytvořena databáze nahrávek telefonních hovorů, ke kterým vznikly přepisy s příslušnými časovými údaji. Databáze obsahuje celkem padesáti telefonních hovorů od deseti osob v minimální délce dvou minut. Na nahrávky a samotné přepisy byly použity vlastní analytické metody, které vyhodnocují jak jednotlivé telefonní hovory, tak i hovory jako celek. Aktivita v hovoru, vyhodnocení překryvů a mezer, rychlost mluvení a četnost vyřčených slov jsou metody postavené na textových prepisech. Metoda využívající spektrální analýzu je postavena na zpracování samotných nahrávek. Práce obsahuje také vyhodnocení jednotlivých analýz provedených na připravené databázi.

Klíčová slova: Telefon, Hovor, Analýza, Komunikace

ABSTRACT

This work is focus on creating a program for recording on a cell phone, the analysis and subsequent evaluation of these recordings. The program is written for the Android operating system. With this program was created a database of recordings of telephone calls, which whom was developed a transcripts with the appropriate time data. The database contains fifty phone calls from ten people, during at least two minutes. For these recordings and transcripts were used own analytical methods, which assess individual phone calls and calls as a whole. Activity in conversation, evaluation of overlaps and gaps, speaking rate and frequency of words are methods based on text transcripts. The method uses spectral analysis is based on the processing of recordings. The work also includes the evaluation of analyzes, performed on the prepared database.

Keywords: Telephone, Call, Analysis, Communication

OBSAH

PROHLÁŠENÍ	3
PODĚKOVÁNÍ	4
ABSTRAKT	5
1 ÚVOD.....	9
2 PROGRAM PRO NAHRÁVÁNÍ	10
2.1 Základy vývoje	10
2.1.1 Vývojové prostředí	11
2.1.2 Testování aplikace	11
2.2 Konstrukce programu	13
2.2.1 Využité komponenty v programu pro nahrávání	13
2.2.2 Funkce programu pro nahrávání	13
2.2.3 Zvukový soubor	14
2.2.4 Android Manifest.....	15
2.2.5 Nastavení zvukového vstupu	16
2.2.6 Začátek nahrávání	17
2.2.7 Zastavení nahrávání	17
2.2.8 Uložení zvukového souboru	18
2.2.9 Samotná aktivita programu.....	18
2.2.10 Další nastavení nahrávání	19
2.3 Použití programu.....	21
2.3.1 Využitý hardware.....	21
3 ANALÝZA ZVUKOVÝCH NAHRÁVEK	22
3.1 Využitý software.....	22
3.2 Synchronizace nahrávek	23
3.3 Analýzy na základě přepisů	24
3.3.1 Aktivita v hovoru	24
3.3.2 Překryvy a mezery v hovoru	24

3.3.3	Rychlost mluvení	26
3.3.4	Četnost slov	26
3.4	Analýzy na základě nahrávek	27
3.4.1	Spektrální analýza.....	27
4	VÝSLEDKY ANALÝZ A VYHODNOCENÍ.....	28
4.1	Nahrávané subjekty.....	28
4.1.1	Věrohodnost dat.....	28
4.1.2	Textové přepisy	29
4.2	Výsledky analýz založených na prepisech.....	29
4.2.1	Vyhodnocení měření aktivity v hovoru	29
4.2.2	Vyhodnocení analýzy překryvů a mezer	31
4.2.3	Vyhodnocení rychlosti mluvení.....	33
4.2.4	Vyhodnocení četnosti slov.....	35
4.3	Výsledky analýz založených na záznamech	37
4.3.1	Spektrální analýza.....	37
5	ZÁVĚR.....	41
6	POUŽITÁ LITERATURA	42
7	POUŽITÝ SOFTWARE	43
	PŘÍLOHA – Souhlasy se zpracováním nahrávek.....	44

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek č. 1 – Emulátor operačního systému Android.....	12
Obrázek č. 2 – Ukázka odměření času ve zvukové stopě.....	22

SEZNAM TABULEK

Tabulka č. 1 – Popis nahrávaných osob	28
Tabulka č. 2 – Vyhodnocení aktivní účasti na hovoru	30
Tabulka č. 3 – Minimální, maximální a průměrná aktivita v hovoru	30
Tabulka č. 4 – Souhrn hovořících v hovorech za dvojice a jejich průměr	32
Tabulka č. 5 – Minimální, maximální a průměrná rychlost mluvčích	34
Tabulka č. 6 – Podmíněné formátování rychlosti mluvení.....	35
Tabulka č. 7 – Četnost slov ve všech telefonních hovorech.....	36

SEZNAM GRAFŮ

Graf č. 1 – Znázornění aktivity v hovoru v grafu	31
Graf č. 2 – Počet současně hovořících (ukázka).....	32
Graf č. 3 – Procentuální rozdělení průběhu hovoru podle počtu hovořících....	33
Graf č. 4 – Porovnání rychlosti řeči u 1. dvojice (6. hovor).....	33
Graf č. 5 – Porovnání spektra subjektů 1_M1 a 1_Z1	37
Graf č. 6 – Porovnání spektra subjektů 2_M2 a 2_Z2.....	38
Graf č. 7 – Porovnání spektra subjektů 3_M3 a 3_Z3.....	38
Graf č. 8 – Porovnání spektra subjektů 4_M4 a 4_M5.....	39
Graf č. 9 – Porovnání spektra subjektů 5_M6 a 5_M7.....	39

1 ÚVOD

Tato bakalářská práce se zabývá ukládáním zvuku na mobilním přístroji při telefonním hovoru, jeho následnou analýzou a vyhodnocením. Program na ukládání nahrávek je vytvořen pro operační systém Android, analýza a vyhodnocení pak probíhá na osobním počítači. Analýza je provedena díky manuálně zpracovaným přepisům s příslušnými časovými údaji a také díky zvukovým nahrávkám.

Data byla získána od dobrovolníků, kteří písemně potvrdili souhlas se zpracováním hlasových nahrávek v rámci bakalářské práce. Protože se jedná o telefonní hovory, dobrovolníci byli nahráváni ve dvojicích.

Program pro ukládání zvuku je tvořen od základu, nejsou využity žádné šablony ani jiná usnadnění, pouze využívá částečně již předem připraveného kódu pro nastavení dočasného souboru, který je volně k dispozici. Jeho jediným cílem je uložit zvuk (hlas) vydávaný při telefonním rozhovoru za pomoci mikrofonu na mobilním telefonu.

Pro všechny nahrávky vznikly textové přepisy s příslušnými časovými údaji, které jsou mimo další využity k následné analýze. Jsou použity vlastní analytické metody.

Aby bylo možné efektivně zpracovat zdrojová data pro potřeby analýzy založených na textových prepisech, byly využity kromě ručního zpracování dat i jednoduché skripty naprogramované v jazyce Perl.

Práce je členěna do tří kapitol. První kapitola se zabývá vytvořením a použitím programu pro nahrávání včetně krátkého úvodu vývoje pro Android, druhá je věnována použitým analýzám a poslední, třetí kapitola obsahuje vyhodnocení výsledků analýz.

2 PROGRAM PRO NAHRÁVÁNÍ

Program vznikl pro operační systém Android. Platforma byla zvolena s ohledem na rozšíření a dostupnost telefonních přístrojů právě s tímto systémem a dále pak s ohledem na dostupnost vývojových nástrojů, které jsou komplexní a zdarma.

Program pro nahrávání je uložen v elektronické příloze (na CD ve složce „Program“), a to nezkompilovaný v balíčku JAVA.

2.1 Základy vývoje

Pro základní pochopení vývoje pro Android je třeba uvést alespoň prosté základy programování pro tento systém.

Dnes stále populárnější systém pro mobilní telefony je založen na Linuxu a jeho nespornou výhodou je, že je open-source. Vývojové nástroje jsou multiplatformní, tudíž je možné je vyvíjet pod Windows, Mac OS X i Linuxem.

Programovatelný je v jazyce Java, lehce pozměněném pro obsluhu mobilních zařízení. Využívá stejné syntaxe, mnoho příkazů je si velmi podobných a v prostředí Android jsou tak tyto příkazy funkční. Jedná se o objektově orientované programování, což je vzhledem k vizuálnímu charakteru aplikací pochopitelné a žádoucí.

Systém Android využívá podobné koncepty jako stolní počítače, tedy interakce probíhá pomocí API (Application Programming Interface), aby bylo možné komunikovat s různými databázemi, kde se nacházejí data, avšak jsou jinak zabalené a strukturované s ohledem na větší stabilitu systému telefonu.

K vytvoření aplikace se využívají čtyři základní komponenty s odlišnými funkcemi:

Aktivita

Základní komponenty pro vznik aplikací. Můžeme je přirovnat k oknům či dialogům v aplikacích určených pro stolní počítače. Aktivita je ve většině případů provázaná s uživatelským rozhraním, to znamená s jednou obrazovkou aplikace. Pokud má program více oken, například se přes další okno dají nastavovat parametry, zahrnuje v sobě minimálně dvě aktivity, pro každou obrazovku jednu.

Dodavatel obsahu

Zjednodušeně lze říci, že dodavatelé obsahu zajišťují způsob, jak přistupovat k datům, a to v rámci samotné aktivity, aplikace nebo celého systému.

Služba

Jedná se o interakci se vstupy a výstupy, které se vyvolávají v aktivitě. Na rozdíl od aktivit a dodavatelů obsahu, které jsou navrženy tak, aby byly při delší neaktivitě ukončeny, služby mohou být spuštěny i po ukončení aktivity, která je vyvolala. Příkladem toho je přehrávání hudby nebo stahování dat na pozadí.

Záměr

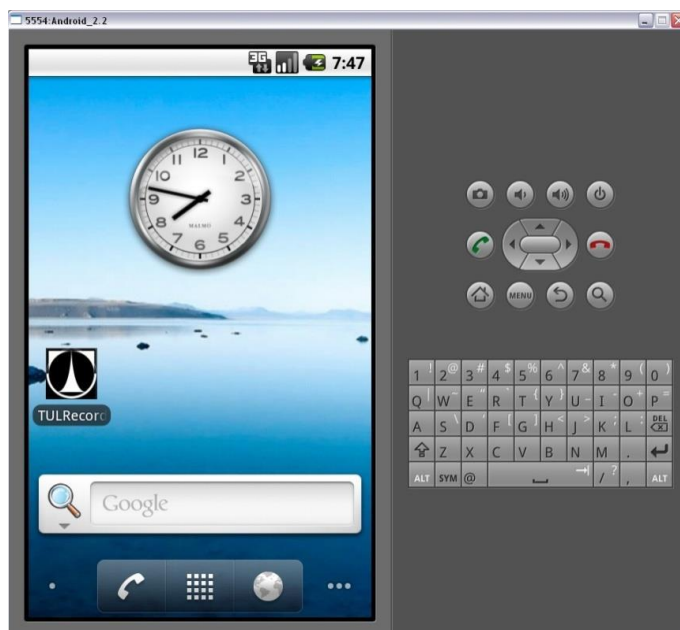
Jedná se o systémové zprávy, které informují aplikace o změnách v systému, ke kterým došlo. Mohou to být změny v hardwarové konfiguraci (např. připojení sluchátek nebo vložení SD karty), upozornění na příchozí data (např. přijatá SMS, příchozí volání) nebo upozornění na událost aplikace (např. samotné spuštění aplikace).

2.1.1 Vývojové prostředí

Program byl vyvinut v prostředí s názvem *Eclipse* [A]. Jedná se o prostředí, které oficiálně podporuje samotná společnost vyvíjející Android, tedy společnost Google Inc. a sama pro něj vydala a stále aktualizuje několik doplňků. Pro vývoj je potřebný doplněk *Android SDK Manager*, který upravuje vývojové prostředí, usnadňuje psaní kódu a umožňuje ladění aplikací. Lze také využít grafický editor, který usnadňuje vytváření vzhledu vyvíjené aplikace.

2.1.2 Testování aplikace

K samotnému testování při vývoji aplikace lze využít dva způsoby. Oba vyžadují rozšíření s názvem *Android Device Manager*. Pokud je k počítači připojen telefon a nastaven na správný režim, lze aplikaci spustit přímo v telefonu. Druhým způsobem je využít emulátor operačního systému Android, který je pohodlný na testování, protože je přístupný bez další manipulace, ale má svá omezení. Emulátor je vyobrazen na obrázku č. 1.



Obrázek č. 1 – Emulátor operačního systému Android

Emulátor lze nastavit pro libovolnou verzi systému android. Ovšem omezení nahrávání zvuku je na všech verzích stejné a nelze tak ukládat zvuk v požadované kvalitě na samotném emulátoru. K tomu, aby mohla být nastavena požadovaná kvalita zvuku, je třeba využít testování přes připojený telefon, kde jsou již dostupné všechny používané telefonní funkce a vlastnosti.

Programování je složité a může se v něm objevit mnoho chyb, proto jsou jak k emulátoru, tak k připojení na telefonu zpřístupněny doplňkové funkce, které umožňují program odladit. Mezi často využívanou a nezbytnou funkcí patří logování, které je důležité při odhalování chyb. Pokud se jedná o standardní chybu, je možné právě z chybového logu (LogCat) vyčíst o jakou chybu se jedná.

Pro příklad je uvedena chyba, která se ukáže, pokud se program pokusí spustit aktivitu, na kterou ve svém kódu odkazuje, ovšem ta není zanesena v *Android Manifest*:

```
java.lang.RuntimeException: Unable to instantiate activity ComponentInfo{ cz.reif.tul.vremote }:  
java.lang.ClassNotFoundException: Caused by: java.lang.ClassNotFoundException:  
cz.reif.tul.vremote in loader dalvik.system.PathClassLoader[cz.reif.tul.vremote.apk]
```

Z uvedené chyby by nebylo příliš znatelné, kde je v programu problém, avšak díky zkušenostem jiných programátorů je nalezení a napravení chyby snazší. Podporu poskytují především stránky stackoverflow.com [1]. Ty se zaměřují na sdílení programátorských problémů a zkušenější návštěvníci stránek je pomáhají vyřešit.

2.2 Konstrukce programu

Následující podkapitola pojednává o samotné funkci, vývoji a použití programu pro nahrávání. Zdrojový kód samotného programu je zde rozepsán po částech a důležité části jsou okomentovány.

2.2.1 Využití komponenty v programu pro nahrávání

V samotném programu jsou využity pouze dvě ze čtyř hlavních komponent. Samozřejmostí je vytvoření *aktivity* a následně se o indikaci změny stavu stará *záměr*, který v případě odchozího volání reaguje okamžitě na změnu stavu. Stejně tak v případě přijatého volání identifikuje stejný stav. Při vyzvánění na straně volaného se jedná o odlišný stav.

Aktivita programu je vytvořena jako hlavní instance třídy a rozšiřuje právě objekt s názvem *Activity*. *Záměr* využívá pro identifikaci změny stavu volání třídu *PhoneStateListener()*, konkrétně pak její proceduru *onCallStateChanged()*, která může vyhodnotit tři různé hodnoty. Při ukončení volání je to *CALL_STATE_IDLE*, při začátku vyzvánění je to *CALL_STATE_RINGING* a při zvednutí telefonu nebo při vytočení čísla, podle toho, jestli je osoba volaná nebo volající, se stav mění na *CALL_STATE_OFFHOOK*. [2]

Pro ukládání není třeba *dodavatel obsahu*. Uplatnil by se pouze v případě, pokud by aplikace přistupovala k uloženým datům. Na samotné ukládání stačí funkce komponenty *aktivity*.

2.2.2 Funkce programu pro nahrávání

Program se spustí před samotným voláním a po dobu volání nahrává zvuk vydávaný mluvčím. Po ukončení hovoru se automaticky uloží na zvolené místo do paměti telefonu.

Program neobsahuje žádnou komponentu typu *služba*, je třeba ho vždy před voláním spustit, aby se provedlo vlastní nahrávání. Pro nahrávání v rámci práce bylo toto řešení dostačující.

Co program neumí a z omezení systému ani umět nemůže je spojení a synchronizace nahrávek. Nelze ukládat na jednom telefonu odděleně kanály volajícího

i volaného. Omezení synchronizace plyne z toho, že u volajícího je signál nahráván okamžitě po vytočení čísla, ovšem u volaného až při vzetí hovoru. Spojování a synchronizace jsou tedy tvořeny dodatečně a je jim věnována samostatná kapitola.

2.2.3 Zvukový soubor

Typ zvukové souboru a jeho kvalita jsou pevně nastaveny v programu, lze je tedy měnit pouze před kompilací kódu. Pro všechny nahrávky je toto nastavení stejné, nevznikla tedy potřeba implementovat nastavení přímo do programu.

K samotnému nahrávání je třeba importovat předdefinovanou knihovnu s názvem *android.media.AudioRecord*. Knihovna sama o sobě neumožňuje nastavení kvality, stará se pouze o spuštění nahrávání, nastavení dočasné paměti (buffer) a ukončení nahrávání. K nastavení kvality zvuku je třeba přidat knihovnu *android.media.MediaRecorder*, která už vlastní nastavení umožňuje.

Následující výpis z programu ukazuje nastavení zvukového souboru, které se aplikují při nastavování dočasné paměti a poté i při ukládání souboru [3]:

```
// Nastavení nahrávání
private static final String AUDIO_RECORDER_FILE_EXT_WAV = ".wav";
private static final String AUDIO_RECORDER_FOLDER = "VRemote";
private static final String AUDIO_RECORDER_TEMP_FILE = "VRecord_temp.raw";

private static final int RECORDER_BPP = 16;
private static final int RECORDER_SAMPLERATE = 16000;
private static final int RECORDER_CHANNELS = AudioFormat.CHANNEL_IN_MONO;
private static final int RECORDER_AUDIO_ENCODING = AudioFormat.ENCODING_PCM_16BIT;

bufferSize = AudioRecord.getMinBufferSize (RECORDER_SAMPLERATE, RECORDER_CHANNELS,
RECORDER_AUDIO_ENCODING);

recorder = new AudioRecord (MediaRecorder.AudioSource.MIC, RECORDER_SAMPLERATE,
RECORDER_CHANNELS, RECORDER_AUDIO_ENCODING, bufferSize);
```

První tři uvedené konstanty určují, kam a jak budou zapsána data. *AUDIO_RECORDER_FILE_EXT_WAV* nastavuje koncovku výslednému souboru a protože je nejvýhodnější použít pro kódování soubor typu WAVE, je tedy nastavena na “.wav“. *AUDIO_RECORDER_FOLDER* určuje, kam se nahrané soubory budou ukládat a dále *AUDIO_RECORDER_TEMP_FILE* určuje název souboru, do kterého se bude průběžně ukládat nahraný zvuk.

Poslední čtyři konstanty určují nastavení zvukového souboru, co se týče kvality. *RECORDER_BPP* určuje bitovou hloubku, to znamená kolika bity bude původní analogický signál kódován, v případě programu je tato hodnota 16 bitů. Tato konstanta je použita pro druhotný výpočet velikosti dočasné paměti. *RECORDER_SAMPLERATE* určuje vzorkovací frekvenci. To je frekvence, s jakou budou ze spojitého analogového signálu odebírány vzorky a dojde k přeměně na signál diskrétní. Podle zadání byla zvolena hodnota 16 000 Hz. *RECORDER_CHANNELS* určuje, zda má být nahrávání jednokanálové – mono nebo vícekanálové – stereo. Na běžných telefonních přístrojích je při nastavení stereo kanál pouze duplikován, proto bylo použito nastavení mono.

Poslední konstanta *RECORDER_AUDIO_ENCODING* určuje stejně jako první číselná konstanta bitovou hloubku, nyní pro přímý výpočet dočasné paměti a spolu s předchozími dvěma konstantami a dočasnou pamětí pro nastavení kvality.

Před samotným nahráváním je potřeba nastavit správně dočasnou paměť. Pokud by tomu tak nebylo a paměť by byla nastavena jinak, docházelo by k oříznutí zvuku, případně k opakování již nahraného zvuku.

2.2.4 Android Manifest

System Android ve svých aplikacích vytváří speciální soubor s názvem *AndroidManifest.xml*, ve kterém se nachází seznam aktivit a dalších částí systému. Toto je pro správný chod aplikace nezbytné nastavit, stejně tak, jako nastavit potřebná oprávnění, které zajistí správný chod a přístup k potřebným prostředkům telefonu.

Android Manifest z programu pro nahrávání má tuto podobu:

```
<manifest xmlns:android="http://schemas.android.com/apk/res/android"
    package="cz.reif.vremote"
    android:versionCode="1"
    android:versionName="1.0">

    <uses-sdk android:minSdkVersion="10" android:targetSdkVersion="15" />

    <uses-permission android:name="android.permission.WRITE_EXTERNAL_STORAGE"></uses-permission>
    <uses-permission android:name="android.permission.RECORD_AUDIO"></uses-permission>

    <application android:label="@string/app_name"
        android:icon="@drawable/ic_launcher"
        android:screenOrientation="portrait"
        android:configChanges="keyboardHidden|orientation|screenSize"
        android:theme="@android:style/Theme.NoTitleBar" >
        <activity android:name=".VR_recorder" android:label="@string/app_name">
            <intent-filter>
                <action android:name="android.intent.action.MAIN" />
            </intent-filter>
        </activity>
    </application>
</manifest>
```



```

        <category android:name="android.intent.category.LAUNCHER" />
    </intent-filter>
</activity>

</application>
</manifest>

```

Tag *manifest* informuje o verzi programu a o použitém balíčku, ve kterém je obsažen zdrojový kód. Dále je uvedeno, pro jakou verzi systému Android je program určen a jaká je minimálně potřeba tagem *uses-sdk*.

Důležité jsou pro správný běh programu právě řádky začínající *user-permission*, které určují potřebná oprávnění pro aplikaci. Program pro nahrávání vyžaduje minimálně dvě oprávnění, *WRITE_EXTERNAL_STORAGE* a *RECORD_AUDIO*. Jak vyplývá z názvů, první oprávnění umožňuje ukládání do paměti telefonu, tedy zápis výsledného souboru a druhé umožňuje pořizovat zvukové nahrávky.

V *application* jsou zbylé informace o aplikaci. V tomto případě je to název aplikace, ikona programu, pevné nastavení parametrů klávesnice, orientace displeje, velikosti zobrazení a jako poslední je to odstranění lišty z okna programu.

Tag *activity* určuje použitou aktivitu, která je pomocí doplňkových značek označena jako hlavní a je na ni nastaven spouštěč. To znamená, že pokud se zvolený program spustí, spustí se právě na této aktivitě.

2.2.5 Nastavení zvukového vstupu

Operační systém Android umožňuje zvolit zvukový vstup při telefonním hovoru. Pomocí objektu typu *MediaRecorder* je možné nastavit nejen kvalitu, ale také určit, ze kterého vstupu se bude zvuk nahrávat.

Přímo do instance knihovny se nastaví požadovaný vstup, a to následovně:

```

recorder = new AudioRecord (MediaRecorder.AudioSource.MIC, RECORDER_SAMPLERATE,
    RECORDER_CHANNELS, RECORDER_AUDIO_ENCODING, bufferSize);

```

Právě parametr *MediaRecorder.AudioSource.MIC* nastavuje vstup. Pro potřeby programu je zvolen jako vstup vestavěný mikrofon, případně mikrofon v připojené náhlavní soupravě. Mikrofon byl zvolen jako vstup, který má nejmenší rušení a poskytuje nejlepší kvalitu při nahrávání. Zároveň nelze tento postup zneužít

pro zaznamenání druhého účastníka hovoru, neboť ukládá zvuk pouze od mluvčího, který se u telefonu nachází, nikoliv protistranu.

System Android toto nastavení umožňuje, alternativně lze nastavit parametry *VOICE_DOWNLINK*, respektive *VOICE_UPLINK* pro nahrávání příchozího, respektive odchozího zvukového signálu. Případně pak využít nahrávání obou signálů do jednoho zvukového kanálu s parametrem *VOICE_CALL*. Pro potřeby programu je toto nastavení nevyhovující, neboť nelze oba signály ukládat odděleně, což znemožňuje následnou analýzu. [2]

2.2.6 Začátek nahrávání

Pokud dojde ke splnění podmínek pro začátek nahrávání, je spuštěn následující kód, který nastaví objekt pro nahrávání podle zadaných parametrů a samotné nahrávání spustí:

```
// Funkce pro začátek nahrávání
private void startRecording(){
    recorder = new AudioRecord (MediaRecorder.AudioSource.MIC, RECORDER_SAMPLERATE,
    RECORDER_CHANNELS, RECORDER_AUDIO_ENCODING, bufferSize);
    recorder.startRecording();
    OnOff_switch = true;
    recordingThread = new Thread(new Runnable() {
        public void run() {
            writeAudioDataToFile();
        }
    },
    "VRemote Thread");
    recordingThread.start();
}
```

2.2.7 Zastavení nahrávání

Pro zastavení nahrávání je použit následující kód, ve kterém je zajištěna kontrola, zda nahrávání probíhá a pokud ano, je ukončeno a přejde se k ukládání souboru.

```
// Zastavení nahrávání
private void stopRecording() {
    if(null != recorder){
        OnOff_switch = false;
        recorder.stop();
        recorder.release();
        recorder = null;
        recordingThread = null;
    }
    copyWaveFile(getTempFilename(),getFilename());
    deleteTempFile();
}
```

2.2.8 Uložení zvukového souboru

Následující funkce je použita pro vytvoření názvu souboru, aby nedocházelo k duplicitám a výsledné soubory se nepřepisovaly. Pro potřeby programu je využit zápis třímístného čísla na konec názvu souboru. Pokud by bylo více souborů, dojde k rozšíření na čtyřmístné číslo, ovšem za cenu ztráty postupného třídění podle názvu.

Použitá funkce pro vytvoření názvu zvukového souboru:

```
private String getFilename(){
    String filepath = Environment.getExternalStorageDirectory().getPath();
    File file = new File(filepath,AUDIO_RECORDER_FOLDER);
    String file_name = null;
    File f;
    String rec_file = "Vremote";
    int j=0;
    String zeroes = null;

    if(!file.exists()){
        file.mkdirs();
    }
    do {
        j++;
        if (j<10) zeroes = "00";
        if (j>=10&& j<100) zeroes = "0";
        if (j>=100) zeroes = "";
        file_name = file.getAbsolutePath() + "/" +rec_file+zeroes+j+".wav";
        f = new File(file_name);
    }
    while (f.exists());
    return (file_name);
}
```

2.2.9 Samotná aktivita programu

Níže je uvedena samotná aktivita, která se stará o spuštění programu a volání prvotních funkcí. Důležité je zde především vytvoření objektů *TelManager* a *TelListener*, které dohromady umožňují s použitým přepínačem vyhodnocovat změnu stavu v telefonním protokolu a podle toho zajišťuje volání startu programu nebo jeho ukončení [4].

```
public void onCreate(Bundle savedInstanceState) {
    super.onCreate(savedInstanceState);
    setContentView(R.layout.main);

    bufferSize = AudioRecord.getMinBufferSize (RECORDER_SAMPLERATE,
    RECORDER_CHANNELS, RECORDER_AUDIO_ENCODING);

    TelManager = (TelephonyManager) getSystemService(Context.TELEPHONY_SERVICE);
```

```

TelListener = new PhoneStateListener() {
    public void onCallStateChanged(int state, String incomingNumber) {
        String stateS = "N/A";
        switch(state){
            case TelephonyManager.CALL_STATE_IDLE:
                if (OnOff_switch)
                    stopRecording();

                break;
            case TelephonyManager.CALL_STATE_RINGING:

                break;

            case TelephonyManager.CALL_STATE_OFFHOOK:
                startRecording();
                break;
        }
    }
};
TelManager.listen(TelListener, PhoneStateListener.LISTEN_CALL_STATE);
}

```

2.2.10 Další nastavení nahrávání

Pro správný zápis a vytvoření audio souboru je třeba správné nastavení, které je popsáno následujícím kusem kódu [3]:

```

// Kód pro správný zápis zvuku do bufferu
private void copyWaveFile(String inFilename,String outFilename){
    FileInputStream in = null;
    FileOutputStream out = null;
    long totalAudioLen = 0;
    long totalDataLen = totalAudioLen + 36;
    long longSampleRate = RECORDER_SAMPLERATE;
    int channels = 1;
    long byteRate = RECORDER_BPP * RECORDER_SAMPLERATE * channels/8;
    byte[] data = new byte[bufferSize];
    try {
        in = new FileInputStream(inFilename);
        out = new FileOutputStream(outFilename);
        totalAudioLen = in.getChannel().size();
        totalDataLen = totalAudioLen + 36;
        WriteWaveFileHeader(out, totalAudioLen, totalDataLen,
            longSampleRate, channels, byteRate);
        while(in.read(data) != -1){
            out.write(data);
        }
        in.close();
        out.close();
    } catch (FileNotFoundException e) {
        e.printStackTrace();
    } catch (IOException e) {
        e.printStackTrace();
    }
}
}

```

```

// Nastavení pro správný zápis a vytvoření audiosouboru
private void WriteWaveFileHeader(
    FileOutputStream out, long totalAudioLen,
    long totalDataLen, long longSampleRate, int channels,
    long byteRate) throws IOException {

    byte[] header = new byte[44];

    header[0] = 'R'; // RIFF/WAVE header
    header[1] = 'I';
    header[2] = 'F';
    header[3] = 'F';
    header[4] = (byte) (totalDataLen & 0xff);
    header[5] = (byte) ((totalDataLen >> 8) & 0xff);
    header[6] = (byte) ((totalDataLen >> 16) & 0xff);
    header[7] = (byte) ((totalDataLen >> 24) & 0xff);
    header[8] = 'W';
    header[9] = 'A';
    header[10] = 'V';
    header[11] = 'E';
    header[12] = 'f'; // 'fmt' chunk
    header[13] = 'm';
    header[14] = 't';
    header[15] = ' ';
    header[16] = 16; // 4 bytes: size of 'fmt' chunk
    header[17] = 0;
    header[18] = 0;
    header[19] = 0;
    header[20] = 1; // format = 1
    header[21] = 0;
    header[22] = (byte) channels;
    header[23] = 0;
    header[24] = (byte) (longSampleRate & 0xff);
    header[25] = (byte) ((longSampleRate >> 8) & 0xff);
    header[26] = (byte) ((longSampleRate >> 16) & 0xff);
    header[27] = (byte) ((longSampleRate >> 24) & 0xff);
    header[28] = (byte) (byteRate & 0xff);
    header[29] = (byte) ((byteRate >> 8) & 0xff);
    header[30] = (byte) ((byteRate >> 16) & 0xff);
    header[31] = (byte) ((byteRate >> 24) & 0xff);
    header[32] = (byte) (2 * 16 / 8); // block align
    header[33] = 0;
    header[34] = RECORDER_BPP; // bits per sample
    header[35] = 0;
    header[36] = 'd';
    header[37] = 'a';
    header[38] = 't';
    header[39] = 'a';
    header[40] = (byte) (totalAudioLen & 0xff);
    header[41] = (byte) ((totalAudioLen >> 8) & 0xff);
    header[42] = (byte) ((totalAudioLen >> 16) & 0xff);
    header[43] = (byte) ((totalAudioLen >> 24) & 0xff);

    out.write(header, 0, 44);
}

```

2.3 Použití programu

Samotné použití programu zahrnovalo volání mezi osobami ve dvojici. Program se před voláním spustil, bylo zavoláno na druhé číslo a proběhl hovor v minimální délce dvě minuty. Po skončení komunikace nebyl hovor ukončen, ale oba telefony byly umístěny vždy na předem připravené místo a bylo poklepáno na podložku. Tento způsob je potřebný pro budoucí synchronizaci nahrávek. V této chvíli byl hovor ukončen, automaticky se ukončilo nahrávání a soubor byl uložen do předem určené složky.

2.3.1 Využitý hardware

Jak už bylo napsáno, k nahrávání bylo použito mobilních telefonů se systémem Android. Telefon svěřený volajícímu byl **HTC Desire Z** se systémem **Android 2.3.5** se základními sluchátky a telefon svěřený volanému byl **Sony Xperia P** se systémem **Android 4.0.4** opět se základními sluchátky.

Použití telefonu mělo vliv na hlasitost nahrávání, kdy nahrávky z telefonu Sony byly nepatrně tišší než nahrávky z telefonu HTC. Je možné, že to bylo způsobem použitým hardwarem nebo verzí systému Android.

3 ANALÝZA ZVUKOVÝCH NAHRÁVEK

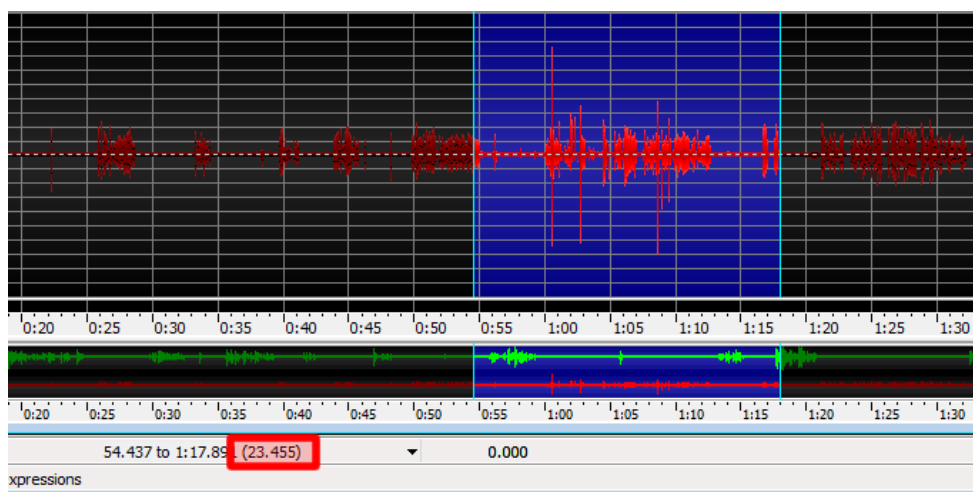
Aby bylo vůbec možné dále analyzovat nahrávky, bylo nejprve nutné provést jejich spojení a poté synchronizaci.

Analýza zvukových nahrávek pak vychází z textových přepisů, které jsou pořízeny z poslechu ručním přepisem a následně jsou dopisovány časové značky, aby byla odlišena doba vyslovení jednotlivých částí hovoru. Pro analyzování byly použity i původní nahrávky.

3.1 Využitý software

Pro editaci, měření a analýzu zvukových nahrávek byl použit software s názvem *GoldWave* [B], který slouží primárně pro pořizování a úpravu zvukových souborů.

Pro účely měření rozestupů a délky části nahrávky slouží možnost výběru, kdy program přesně počítá vzdálenost mezi ukazateli. Při dostatečném přiblížení je možné určit počátek zvuku a jeho konec a tím zjistit jeho trvání, respektive mezery mezi jednotlivými zvukovými úseky. Odměření času je zobrazeno na obrázku č. 2.



Obr. 2 – Ukázka odměření času ve zvukové stopě

Obdobným způsobem bylo postupováno i u měření délky mluvení v jednotlivých zvukových kanálech postupně u všech nahraných souborů, pouze s tím rozdílem, že nebyla zapisována délka, ale začátek a konec části projevu.

Pro vytvoření spektrální analýzy posloužil program *AudaCity* [C].

3.2 Synchronizace nahrávek

Prvotním záměrem, kdy by byla zjednodušena synchronizace nebo by žádná nebyla potřebná, bylo vytvořit program, který by odděleně ukládal do jednoho kanálu zvukový signál volajícího a do druhého zvukový signál od volaného, a to na jednom telefonním přístroji. Tohle však není na platformě Android realizovatelné, proto byly zvukové stopy ukládány na každém telefonu odděleně.

Na telefonu, který daná osoba používala, byly vždy ukládány pouze zvuky zachycené mikrofonom během hovoru. Tím se docílilo toho, že bylo možné zachytit zvukové stopy odděleně. Dále byla potřeba zajistit synchronizaci, aby byly nahrávky autentické a následná analýza byla vypovídající. Samotné kanály byly posunuté. Opožděná reakce systému způsobila malý posun, prodleva před přijetím hovoru způsobila velký posun. Pokud volající vytočil číslo volaného, telefon vyhodnotil vyzvánění jako spojení hovoru a program začal nahrávat. Na druhém telefonu, tedy na přístroji volaného, byl při vyzvánění vyhodnocen stav příchozího hovoru a po přijetí hovoru vyhodnoceno navázání spojení.

Aby bylo dosaženo synchronizace obou kanálů, nedošlo po uskutečnění dialogu k ukončení spojení, avšak oba telefony byly přesunuty k sobě, položeny na předem určené místo a ve stejné vzdálenosti od obou telefonů bylo poklepáno na podložku, vždy třikrát za sebou. Při slučování byla odměřena vzdálenost mezi poklepy a začátek delší stopy oříznut. Jako kontrola správného propojení sloužil následný poslech konce nahrávky a vizuální kontrola graficky znázorněného průběhu signálu. Poklepy museli být slyšitelné ve stejném čase a viditelné na stejné délce. Tím byla dosažena co nejpřesnější synchronizace a z oddělených nahrávek vznikla stereo nahrávka, kde pro jednu nahrávku byl použit levý kanál a pro druhou pravý kanál.

Synchronizace tímto způsobem vytváří jistou chybu, kterou není možné eliminovat. Je možné ji důsledným spojením co nejvíce zmenšit, avšak i při položení telefonů a kontrolním poklepu dochází k různému zaznamenávání zvuku, tedy k malému posuvu. Chyba je, pokud je spojení děláno důsledně, odhadnuta na velikost v řádu milisekund.

3.3 Analýzy na základě přepisů

Tato část analýzy se zakládá pouze na textových prepisech. Jsou využity časy účasti na hovoru, prodlev mezi nimi a počtu vyřčených slov, respektive znaků.

3.3.1 Aktivita v hovoru

Jedná se o ukazatel trvání aktivní části hovoru pro oba mluvčí. Jde tedy o to, kolik dohromady oba mluvčí mluvili sekund z celého hovoru. Data jsou jednoduše zpracována z textových přepisů, exportované do programu *Microsoft Excel* [D] a sečtené.

3.3.2 Překryvy a mezery v hovoru

Výstupem této analýzy jsou hodnoty získané z přepisů, které ukazují, kdy nemluvil nikdo z mluvčích, mluvil pouze jeden nebo mluvili oba naráz. Jedná se o obraz rozhovoru, který dává představu především o překryvech a mezerách v komunikaci.

Pro lepší představu o výsledku jsou data zpracována do grafu a porovnána mezi sebou.

Zdrojová data jsou zpracována pomocí jednoduchého skriptu, který porovná časové údaje v prepisech a zapíše výsledky do souboru. Je realizován pomocí programovacího jazyku *Perl*. Kromě výpočtu trvání jednotlivých částí obsahuje navíc kontrolní mechanismus, který informuje o chybě v případě, že jsou zadány nesmyslné údaje, tedy pokud je porušena časová posloupnost.

Skript je následující:

```
while (<*.txt>){
    /a\.txt/;
    $base=$`;
    zpracuj($base);
}

sub zpracuj {
    undef @xa;
    undef @xb;
    $fn1="{base}a.txt";
    $fn2="{base}b.txt";
    $fn3="{base}v.txt";
    nacti($fn1,\@xa,\@xb);
    nacti($fn2,\@xa,\@xb);
}
```

```

open(f2,">",$fn3);
@ind=sort { $xa[$a]<=>$xa[$b]} 0..$#xa;
$n=0;$t0=0;
for ($i=0;$i<=$#xa;$i++) {
    $typ=$xb[$ind[$i]];
    $t=$xa[$ind[$i]];
    if ($n!=10)
        {print f2 $t0," ",$t," ",$n,"\n";}
    if ($typ eq "z") {$n++;} else {$n--;}
    $t0=$t;
}
close(f2);
}

```

```

sub nacti
{
    my ($fn,$a,$b)=@_ ;
    my $t=0;

    open(f,"<",$fn);
    while (<f>)
    {
        /(\d+)\s*-\s*(\d+)/;

        if ($1<$t) {print "chyba $fn $1\n";}
        if ($2<$1) {print "chyba $fn $2\n";}
        $t=$2;

        push @$a,$1;
        push @$b,"z";
        push @$a,$2;
        push @$b,"k";
    }
    close(f);
}

```

Po použití tohoto skriptu, který zpracuje výsledky do jednotlivých souborů je použit další skript, který výsledky uloží do jednoho souboru. Používá se tedy pouze pro usnadnění vyhodnocení a jeho podoba je následující:

```

while (<*/*>)
{
    undef %h;
    $fn=$_;
    open(f,"<",$fn);
    while (<f>)
    {
        chop;
        @p=split(/ /,$_);
        $h{$p[2]}+=$p[1]-$p[0];
    }
    close(f);
    print $fn," ",$h{0}," ",$h{1}," ",$h{2}," \n";
}

```

3.3.3 Rychlost mluvení

Rychlost vyslovování je určena v jednotlivých aktivních úsecích v hovoru. Je vypočtena pomocí počtu znaků (písmen) v přepisu poměřených délce části aktivního projevu, tedy:

$$\text{rychlost řeči} = \frac{\text{počet znaků}}{\text{délka aktivního hovoru}} \text{ [znaků} \cdot \text{s}^{-1}\text{]}$$

Rychlost projevu je brána podle souvislých částí, kdy mluvčí hovořil. Tedy shodně s přepisem. Výsledkem toho je, že ukazatel rychlosti je vždy po celou souvislou část stejný. Jedná se tedy o zjednodušení, které je přijato z důvodu snazší proveditelnosti a vnáší do výsledků jistou chybu.

Zdrojová data jsou opětovně zpracována pomocí jednoduchého skriptu napsaného v jazyku *Perl*, který vypadá následovně:

```
while (<*.txt>){
    nacti($_);
}

sub nacti {
    my ($fn,$a,$b)=@_;
    my $t=0;

    open(f,"<",$fn);
    while (<f>) {
        /(\d+)\s*-\s*(\d+) /;
        print $2-$1, " ",length($)," \n";
    }
    close(f);
}
```

3.3.4 Četnost slov

Pro doplnění informací o hovorech jsou vypsána slova s nejvyšší četností, tedy ta, která mluvčí v hovorech nejvíce používají.

Na zpracování zdrojových dat a jejich výstup je opětovně použit skript v programovacím jazyce *Perl*, který má tuto podobu:

```
while (<*.txt>) {
    nacti($_);
}

sub nacti {
    my ($fn,$a,$b)=@_;
```

```

open(f,"<",$fn);
while (<f>) {
    chop;
    /(\d+)\s*-\s*(\d+)/;
    $w=$';
    @p=split(/[ \,\.?!\+/,,$w);
    foreach $x (@p) {
        $x=~tr/A-Z/a-z/;
        $h{$x}++;
    }
}
close(f);
}

@k=keys %h;
@ind=sort {$h{$k[$a]}<=>$h{$k[$b]}} 0..$#k;
foreach $x (@ind) {
    if (($t=$h{$k[$x]})>5)
        {print $k[$x]," ",$t,"\n";}
}

```

3.4 Analýzy na základě nahrávek

Na základě nahrávek vznikla jediná analýza, jejichž vyhodnocení nepřináší objektivní interpretaci výsledků.

3.4.1 Spektrální analýza

Spektrální analýza popisuje za pomoci Fourierovi transformace zastoupení harmonických vln v původním signálu a její vyjádření bývá nejčastěji grafické.

Analýza použitá v této práci se zaměřuje na rozlišení pohlaví mluvčího ve zvukové nahrávce. Její vyhodnocení je subjektivní.

Pokud je vzata v potaz informace, že mužský hlas má při běžné řeči frekvenci 120 Hz a ženský hlas má frekvenci 240 Hz, je možné vyhodnotit rozdíl ve spektru u mužského a ženského hlasu. Mužský hlas by měl podle předpokladů zaznamenat nárůst okolo již zmíněné frekvence 120 Hz a ženský právě až okolo 240 Hz. [5]

4 VÝSLEDKY ANALÝZ A VYHODNOCENÍ

Výše uvedené analýzy jsou aplikovány na zvukové nahrávky a na přepisy z těchto zvukových nahrávek.

4.1 Nahrávané subjekty

Nahrávaných subjektu bylo celkem deset. Dvě osoby spolu vždy hovořily a to za pomoci telefonního hovoru přes dva mobilní telefony s připojenými sluchátky s mikrofonom. Toho bylo využito, aby byly odděleny zvukové kanály a zvuk z reproduktoru telefonu neovlivňoval zvuk nahrávaný za pomoci mikrofonu. I přes toto opatření je na mnohých nahrávkách slyšet ozvuk ze sluchátek.

Tabulka popisuje nahrávané osoby. Označení osoby je použito pro další identifikaci v textu.

	Označení osoby	Pohlaví	Stáří	Označení osoby	Pohlaví	Stáří
1.	1_M1	muž	26	1_Z1	žena	22
2.	2_M2	muž	34	2_Z2	žena	30
3.	3_M3	muž	26	3_Z3	žena	21
4.	4_M4	muž	26	4_M5	muž	21
5.	5_M6	muž	34	5_M7	muž	25

Tabulka č. 1 – Popis nahrávaných osob

Od všech nahrávaných osob byl získán souhlas se zpracováním jejich nahrávek pro potřeby bakalářské práce.

4.1.1 Věrohodnost dat

Nahrávané subjekty měly za úkol hovořit nevázaně, bez přípravy nebo určení tématu. Ovšem v hledem k tomu, že bylo samozřejmě nutné osoby před nahráváním informovat o tom, že jsou nahrávány a vyžádat si od nich písemný souhlas se zpracováním těchto nahrávek, jsou jistě nějakou měrou průběhy telefonních hovorů ovlivněny. Jakou měrou je ovšem nemožné přesně zjistit. Je počítáno s tím, že tento jev nemá na nahrávky a tím pádem i na výsledky zásadní vliv.

4.1.2 Textové přepisy

Ke všem nahrávkám existují jejich textové přepisy, které jsou připojeny v elektronické příloze (na CD složka „Přepisy“). Z těchto přepisů je patrné, jak je telefonní komunikace, stejně jako ta osobní, velmi odlišná od psané. Vyskytuje se zde mnoho slov, které nejsou v psané formě běžně využívány, například slova „ňák“ jako ekvivalent ke spisovnému „nějak“. Při běžném poslechu není tento rozdíl patrný, pokud se ovšem spojí poslech se čtením přepisu, je viditelný rozdíl. Při přepisu nahrávek bylo třeba mnoho míst poslouchat vícekrát, mnohdy odhadovat výsledná slova podle kontextu a v několika případech nebylo vůbec možné vyslovená slova identifikovat. V takovém případě byla doplněna nejpravděpodobnější varianta vyřčeného slova.

Přepisy byly po dokončení zkontrolovány, aby bylo dosaženo co nejuvěrnějších finálních přepisů.

4.2 Výsledky analýz založených na přepisech

Vyhodnocení použitých analýz je členěno stejně jako jejich seznam v předchozím oddíle. Dotváří tak představu o tom, jak analýzy založené na přepisech vypadají. Jejich výsledky jsou poté hodnoceny a je uvažováno z jakých důvodů k těmto výsledkům došlo. Přepisy jsou uloženy v předem připraveném tvaru, aby bylo možné využít metody analýz a snáze tak dojít k požadovaným výsledkům.

4.2.1 Vyhodnocení měření aktivity v hovoru

Pro jednotlivé nahrávky byla provedena analýza aktivity v hovoru, aby byla určena aktivita obou mluvčích v jednotlivých hovorech. Vychází z časů přepisů, kdy jsou sečteny aktivní části hovoru. Časové údaje o délce aktivních částí jsou uvedeny v následující tabulce a to jak pro jednotlivé mluvčí, tak i vždy za součet v jednotlivých hovorech (hodnoty jsou uvedeny v milisekundách):

Hovor	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1_M1	45211	36796	48761	38891	50078	43534	50157	42210	62484	62498
1_Z1	43219	69521	66372	44088	53497	64063	44930	68200	41656	30051
Součet	88430	106317	115133	82979	103575	107597	95087	110410	104140	92549
2_M2	58779	56759	74117	60594	64240	61003	59607	63749	74849	70344
2_Z2	26441	40447	36902	34456	38899	40684	35951	31404	36757	28797
Součet	85220	97206	111019	95050	103139	101687	95558	95153	111606	99141
3_M3	90159	42294	74596	54591	61748	67263	63252	52162	76391	74270
3_Z3	26509	62261	30934	47603	38721	25990	39283	43984	25914	23965
Součet	116668	104555	105530	102194	100469	93253	102535	96146	102305	98235
4_M4	48404	97141	45348	90569	54394	67852	62943	84933	53908	62220
4_M5	47573	13922	66627	21850	49077	38638	47640	32240	66036	56016
Součet	95977	111063	111975	112419	103471	106490	110583	117173	119944	118236
5_M6	56905	59841	33159	71716	63875	72230	59533	59282	71824	64246
5_M7	79737	76414	86810	62919	73593	47784	61476	64932	57603	57665
Součet	136642	136255	119969	134635	137468	120014	121009	124214	129427	121911

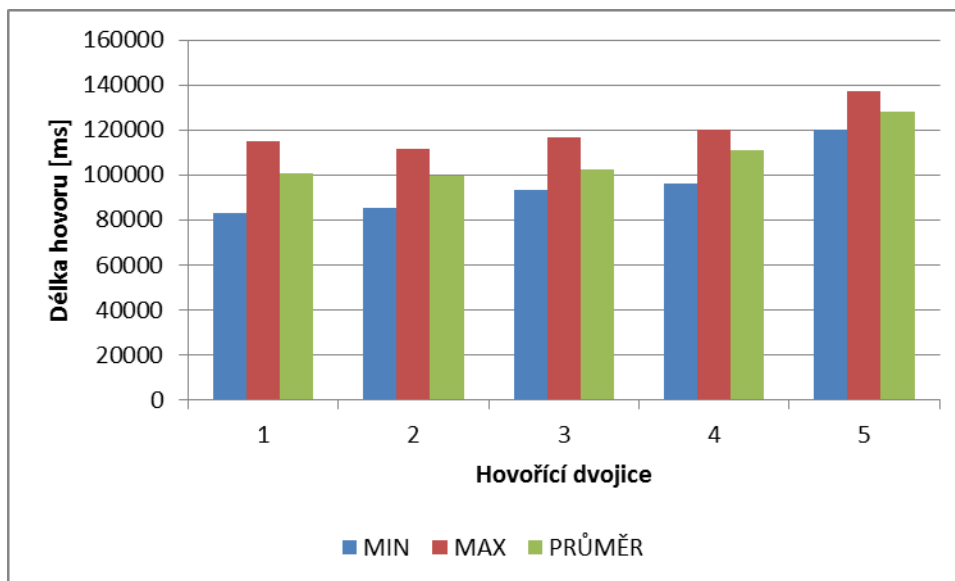
Tabulka č. 2 – Vyhodnocení aktivní účasti na hovoru

Z výsledných hodnot je vytvořena následná tabulka obsahující minimální, maximální a průměrný čas aktivní části obou mluvčích ze všech jejich hovorů:

Hovořící dvojice	1	2	3	4	5
MIN	82979	85220	93253	95977	119969
MAX	115133	111606	116668	119944	137468
PRŮMĚR	100622	99478	102189	110733	128154

Tabulka č. 3 – Minimální, maximální a průměrná aktivita v hovoru

Pro lepší představu o výsledcích jsou data z předchozí tabulky znázorněna v následujícím grafu:



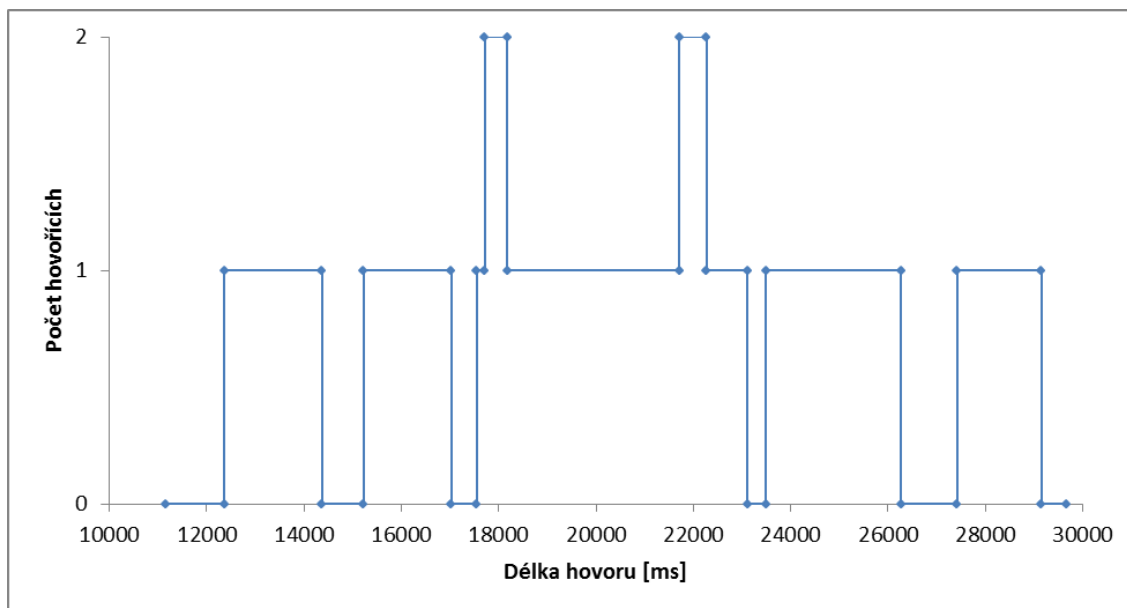
Graf č. 1 – Znázornění aktivity v hovoru v grafu

Pro potřeby zpracování výsledků byly hovory vždy brány jako dvouminutové, přesahující části byly oříznuty. Z výsledků analýzy je patrné rozmezí aktivní účasti v hovoru mezi 80 a 140 sekundami, přičemž první čtyři hovořící dvojice svou si ve výsledcích značně podobné. Pátá dvojice se liší patrněji a po poslechovém zhodnocení je zřejmé, že oba mluvčí mají roztáhlý projev a velmi malé prodlevy při přerušení.

4.2.2 Vyhodnocení analýzy překryvů a mezer

Po zpracování textových prepisů je možné vyhodnotit počet překryvů a počet mezer v jednotlivých hovorech. To dává představu o tom, jak je využit čas telefonního hovoru.

Pro ilustraci telefonního hovoru podle této analýzy je vytvořen následující graf, který zahrnuje pouze část hovoru:



Graf č. 2 – Počet současně hovořících (ukázka)

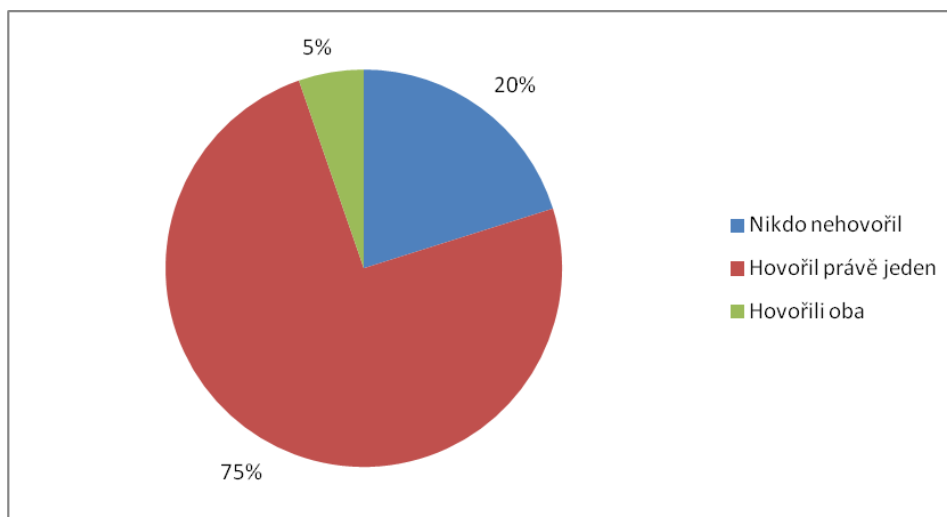
Celkový graf je příliš rozměrný, nemá proto smysl jej zde uvádět. Pro potřebu vyhodnocení je možné jej rozbízet na částech.

Celkové výsledky jsou zprůměrované vždy za dvojice a jsou uvedeny v tabulce. Hodnoty jsou v milisekundách.

	Nikdo nehovořil	Hovořil právě jeden	Hovořili oba
1.	33354,5	93744,9	3438,4
2.	37135,3	86752,9	6362,5
3.	28671,5	91428,6	5380,2
4.	20790,4	104556,1	4488,5
5.	8932,3	100376	14339,2
Průměr	25776,8	95371,7	6801,76

Tabulka č. 4 – Souhrn hovořících v hovorech za dvojice a jejich průměr

Pro porovnání jednotlivých průměrů za všechny telefonní hovory slouží následující graf, který ukazuje procentuální zastoupení bez mluvení, mluvení právě jednoho a mluvení obou hovořících.



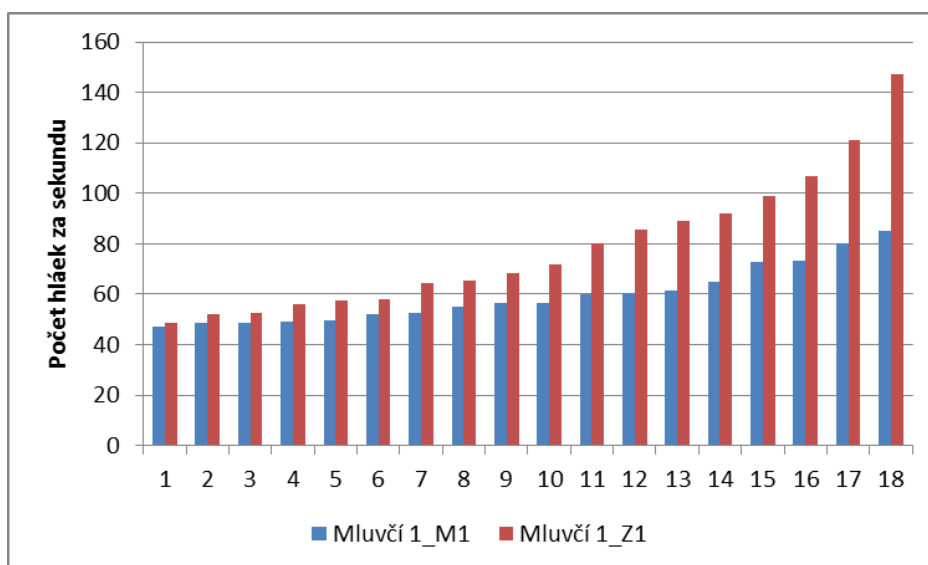
Graf č. 3 – Procentuální rozdělení průběhu hovoru podle počtu hovořících

Z grafu je dobře patrné, že z celkové délky hovoru je průměrně jedna pětina vyplněna neaktivitou, tedy že nehovoří ani jeden z mluvčích. V pěti procentech dochází k mluvení obou mluvčích.

4.2.3 Vyhodnocení rychlosti mluvení

Výsledky analýzy jsou uvedeny v ukázkovém grafu pro náhodně vybraný hovor od první dvojice a rychlost je seřazena vzestupně. Je to pro lepší možnost porovnání, jak moc se rychlost mluvení liší v závislosti na mluvčím. Nelze souhrnně porovnat rozdíl rychlosti v jednotlivých místech, proto je zvoleno toto řazení.

Na následujícím grafu je porovnání mluvčích z první dvojice:



Graf č. 4 – Porovnání rychlosti řeči u 1. dvojice (6. hovor)

Je patrné, že v nízkých rychlostech se mluvčí shodují, rozdíly pak přicházejí až při vyšších rychlostech, kdy jeden mluvčí převyšuje druhého.

Dále pak je souhrnně vyhodnocena rychlost u jednotlivých mluvčích ve všech hovorech. Je vyjádřena maximální rychlost, minimální rychlost a průměr rychlostí. Jednotky jsou opět hlásky za sekundu.

Mluvčí	MIN	MAX	Průměr
1_M1	35,30769	336,1471	65,40372
1_Z1	36,3125	198,5	74,41723
2_M2	39,72973	224	70,22475
2_Z2	37,9	170,25	70,29331
3_M3	3,766667	229	73,40864
3_Z3	48,34375	159	81,46234
4_M4	7,476636	271,25	69,84165
4_M5	36,65934	180,6	66,62044
5_M6	44	206,3	82,94713
5_M7	48,34375	159	96,2687

Tabulka č. 5 – Minimální, maximální a průměrná rychlost mluvčích

Z uvedené tabulky vyplývá, že i když je minimální a maximální rychlost mluvčích velmi rozdílná, je průměrná rychlost v mnoho případech vyšší u mluvčích, kteří mají maximální rychlost mluvení nižší. Ukazuje to tabulka s podmíněným formátováním, na které je dobře viditelné výše uvedené. Ve sloupečku MAX je uvedena hodnota maximální rychlosti u jednotlivých mluvčích, kde výsledek v zelené barvě má nejvyšší hodnotu a výsledek v červené barvě nejnižší hodnotu. Ostatní výsledky jsou přechody mezi těmito barvami a podle toho jakou mají hodnotu, jsou blíže zelené nebo červené barvě. Sloupeček průměr je seřazený od nejmenší po nejvyšší hodnotu a má stejnou logiku vybarvování buněk v tabulce.

Výsledek je poměrně paradoxní, byly očekávány buďto různé hodnoty nebo opačné výsledky, kdy maximální rychlost mluvení měla korespondovat v průměrnou. Je tomu ovšem naopak, jak je dobře postřehnutelné právě z přiložené tabulky:

	MAX	Průměr
1_M1	336,1471	65,40372
4_M5	180,6	66,62044
4_M4	271,25	69,84165
2_M2	224	70,22475
2_Z2	170,25	70,29331
3_M3	229	73,40864
1_Z1	198,5	74,41723
3_Z3	159	81,46234
5_M6	206,3	82,94713
5_M7	159	96,2687

Tabulka č. 6 – Podmíněné formátování rychlosti mluvení

4.2.4 Vyhodnocení četnosti slov

Z jazykovědného pohledu je četnost slov zajímavostí, kdy je z databáze padesáti telefonních hovorů snadné určit, jaká slova jsou v běžné komunikaci nejčastější a stále se opakují.

Z níže uvedené tabulky vyplývá, že nejčastěji se opakují slova s malým počtem písmen. Slovo „to“ má nejvyšší počet opakování, protože se mnohokrát používá jako příslovce, kdy není větě pro sdělení ani nijak užitečné, ovšem v běžné mluvě je tak použito.

Dále to jsou pak spojky a předložky, kterých se v projevu vždy vyskytuje větší množství.

Na předních místech jsou také zájmena, kde se nejvíce opakuje slovo „já“. Je tedy zřejmé, že v telefonním hovoru se často mluvčí odkazuje sám na sebe.

Následující tabulka zachycuje slova ve všech nahraných telefonních hovorech:

Slovo	Počet	Slovo	Počet	Slovo	Počet
to	888	asi	68	ňák	35
tak	601	ti	67	byl	34
no	478	s	64	jsou	34
a	476	hm	62	neni	34
jo	455	víš	61	tu	34
já	297	do	59	dneska	34
je	288	protože	59	tě	33
že	286	dobře	56	ta	33
na	280	jestli	55	k	32
se	277	bude	54	právě	32
jsem	204	třeba	53	ted'ka	31
si	184	z	51	měl	30
tam	181	mě	51	jakoby	30
ale	152	ano	50	nic	30
už	148	teda	50	možná	30
v	138	hele	47	on	29
ty	137	mi	47	docela	29
co	133	toho	47	takhle	29
ne	131	jenom	47	dobrý	28
jako	111	nevím	47	řikal	28
jak	102	ted'	45	ňáký	28
ještě	102	aha	44	budu	27
by	94	jsme	42	o	27
ahoj	89	ho	41	taj	26
nebo	85	až	40	chtěl	26
taky	79	tady	40	ono	26
pak	78	mu	40	jasně	26
ten	76	máš	39	po	26
takže	74	bylo	38	mít	25
za	71	máme	37	než	25
bych	71	i	37	zase	25
když	70	má	37	čau	25
mám	69	tom	35	ve	24

Tabulka č. 7 – Četnost slov ve všech telefonních hovorech

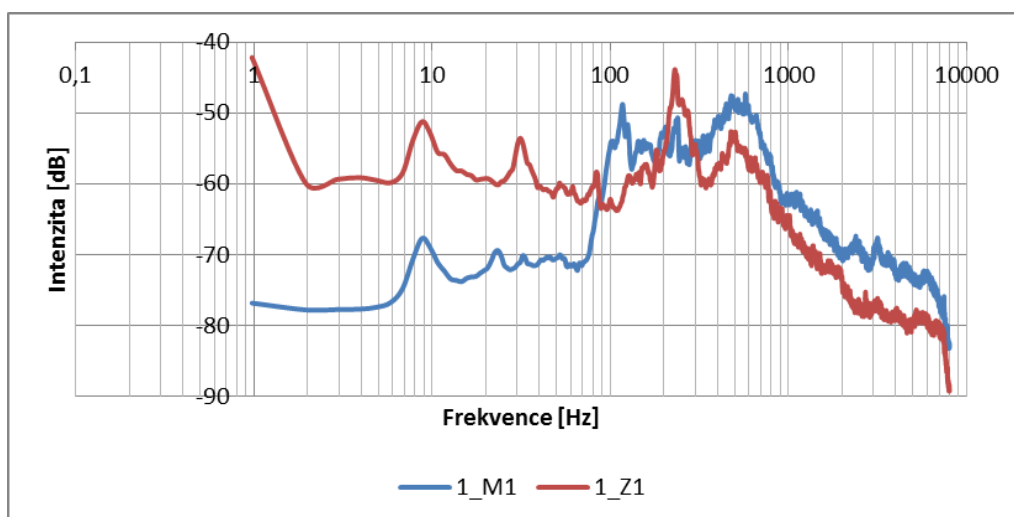
4.3 Výsledky analýz založených na záznamech

4.3.1 Spektrální analýza

Spektrální analýza byla vyhodnocena pro všechny dvojice, třikrát se jednalo o dvojice zahrnující muže a ženu, dvakrát šlo o dvojice mužů. Z výsledků vyhodnocení je patrné, že lze v těchto případech poměrně dobře rozeznat muže od ženy.

Pro porovnání jsou vykresleny grafy a to z toho důvodu, že posouzení výsledků je subjektivní a číselné vyjádření by nebylo pro toto posouzení přehledné. Jedná se o grafy ze všech nahraných rozhovorů, ve kterých jednotliví aktéři figurovali.

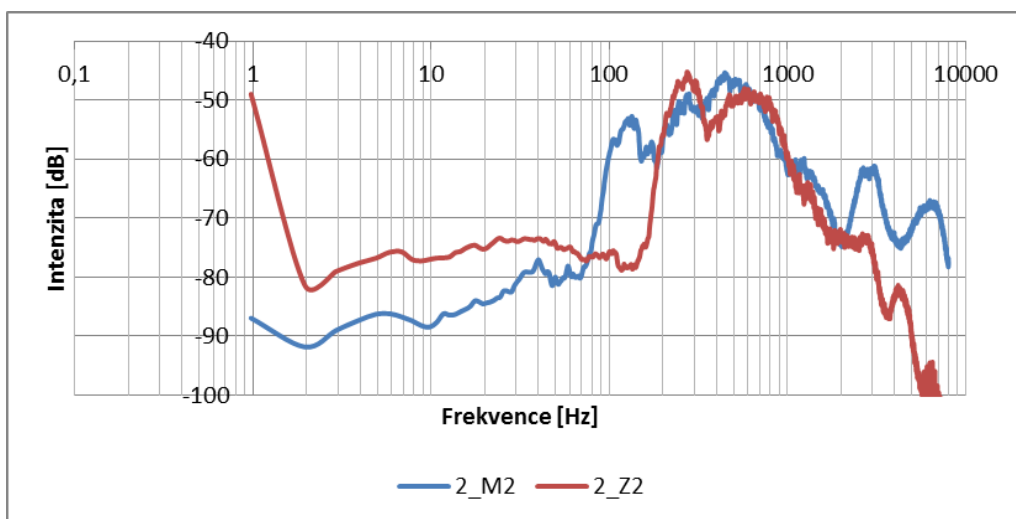
Vyhodnocení prvního případu znázorňuje graf č. 5.



Graf č. 5 – Porovnání spektra subjektů 1_M1 a 1_Z1

Vyhodnocení této dvojice účinkujících na první pohled napovídá, že jde o muže a ženu. Pokud bude ignorována rozdílná úroveň intenzity na nižších frekvencích obou nahrávek a bude věnována pozornost oblasti lehce pod 100 Hz, je patrné, že zde dochází k rapidnímu nárůstu intenzity u subjektu 1_M1, což ukazuje, že mluvčí je mužského pohlaví. U druhého subjektu je jasně patrný nárůst intenzity od frekvence 200 Hz, což ukazuje na mluvčího ženského pohlaví.

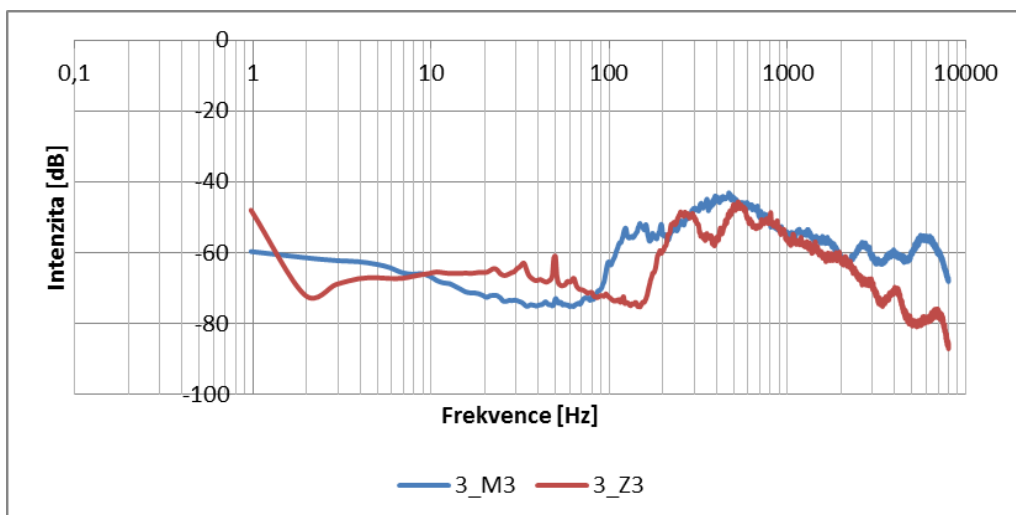
Vyhodnocení druhého případu znázorňuje graf č. 6.



Graf č. 6 – Porovnání spektra subjektů 2_M2 a 2_Z2

Je zde patrný rozdíl mezi mužským a ženským hlasem. Důležitá oblast sledování se nachází přibližně mezi 100 Hz až 200 Hz. Od frekvence 100 Hz je patrný nárůst zvukové úrovně u mluvčího mužského pohlaví. U mluvčího ženského pohlaví je viditelný vzestup přibližně od 200 Hz. Podle této identifikace lze poměrně jednoduše odhadnout, kdo z mluvčích je muž a kdo žena.

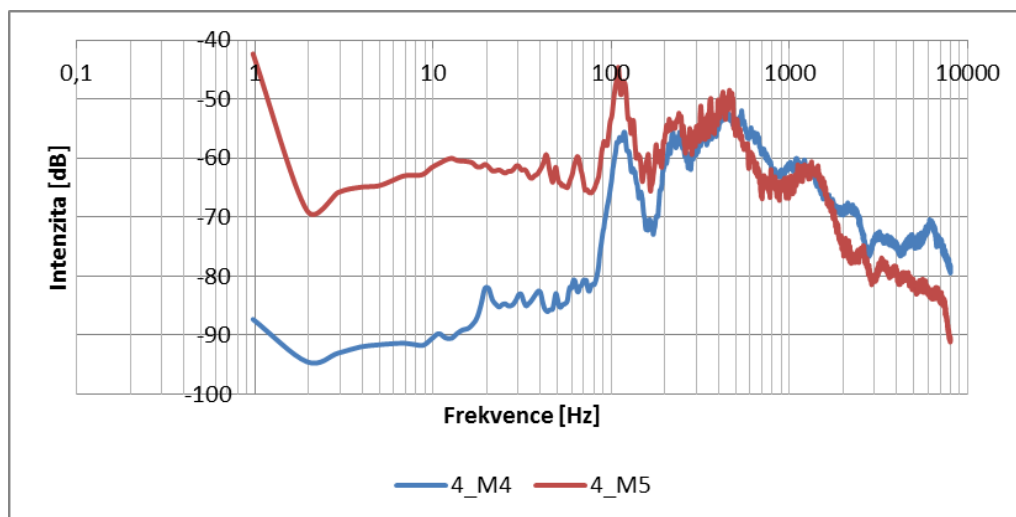
Vyhodnocení třetího případu znázorňuje graf č. 7.



Graf č. 7 – Porovnání spektra subjektů 3_M3 a 3_Z3

Opět je jasně patrný výsledek vyhodnocení. Přibližně od 100 Hz se začíná intenzita zvyšovat a tento fakt ukazuje na to, že hodnocený subjekt 3_M3 je skutečně muž. Druhý aktér 3_Z3 je podle hodnocení žena, neboť nárůst intenzity je až při frekvenci o málo nižší než 200 Hz.

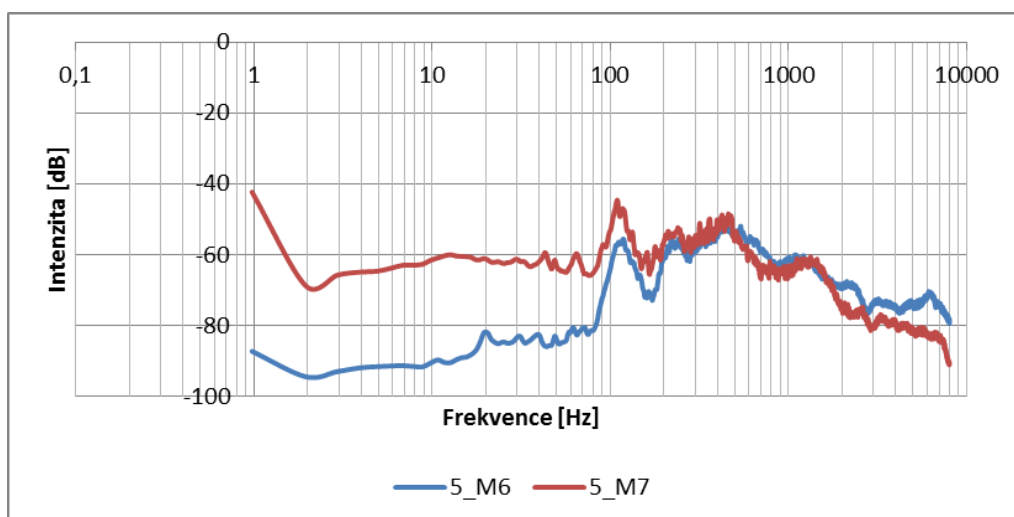
Vyhodnocení čtvrtého případu znázorňuje graf č. 8.



Graf č. 8 – Porovnání spektra subjektů 4_M4 a 4_M5

Podle této spektrální analýzy je patrné, že oba hovořící by měli být muži.

Vyhodnocení pátého případu znázorňuje graf č. 9.



Graf č. 9 – Porovnání spektra subjektů 5_M6 a 5_M7

Poslední případ je podobný jako případ předchozí, vyhodnocení opětovně ukazuje na mužské mluvčí.

Shrnutí spektrální analýzy

Analýza byla použita při rozhodování, jakého pohlaví je nahrávaný subjekt. Ve všech případech je poměrně dobře viditelné, zda hovoří muž nebo žena.

Je zřejmé, že to tak nebude ve všech případech. Bylo by třeba nahrát další nahrávky od různých osob a jejich vyhodnocením určit, jak moc je tato metoda při určování pohlaví mluvčího přesná.

5 ZÁVĚR

Práce obsáhla vytvoření programu pro nahrávání, byly vytvořeny přepisy s příslušnými časovými údaji, navrženy analytické metody, kterými byly nahrávky a přepisy zkoumány, a nakonec výsledky vyhodnoceny.

Vytvoření programu pro nahrávání telefonních hovorů bylo obsáhlou částí. Bylo třeba překonat omezení systému Android, především pak problém se synchronizací nahrávek, kdy nelze nahrávat oba kanály naráz. Z tohoto důvodu byla zvolena možnost nahrávat je odděleně a poté spojit. Synchronizace byla ovšem možná pouze díky přiblížení telefonů k sobě, kdy zachycovaly ve stejné vzdálenosti od zdroje stejný zvuk a nahrávky byly spojeny následně na osobním počítači.

Pomocí programu pro editaci a nahrávání zvuku vznikly ruční přepsání a k těmto přepisům byly přidány časové údaje, ve kterých se dané části textu nacházely.

Navrhnuté analytické metody zohledňují dané možnosti. To znamená, že jsou vytvořeny tak, aby byly použitelné pro analýzu na základě textových přepisů a samotných nahrávek.

Analýzy se týkaly četnosti slov, rychlosti mluvení osob, vyhodnocení mezer a překryvů, aktivity v hovoru a také byla využita spektrální analýza, která umožnila odhadnout pohlaví mluvčího podle hlasu.

Vyhodnocení výsledků pak dalo informaci o hovorech. Četnost slov obsáhla všechny mluvčí a posloužila ke zjištění, jaká jsou nejčastější slova v telefonních hovorech. Vyhodnocením překryvů a mezer vznikl obraz o vzájemném působení mluvčích a aktivita v hovoru sloužila pro porovnání jednotlivých dvojic mezi sebou, aby byly vyhodnoceny průměrné časy aktivní části hovoru.

Práce tedy nastínila metody, které by mohli být použity pro další analýzu hovorů a jejich přepisů, a dále pak poskytla výsledky těchto metod a jejich vyhodnocení.

6 POUŽITÁ LITERATURA

- [1] Stackoverflow. [online]. [cit. 2013-05-01].
Dostupné z: <http://stackoverflow.com/>
- [2] Android Developers. [online]. [cit. 2013-05-01].
Dostupné z: <http://developer.android.com/>
- [3] Krvarma Android Samples. In: *Android Code* [online]. 2010 [cit. 2013-04-02].
Dostupné z: <https://code.google.com/p/krvarma-android-samples/source/browse/trunk/AudioRecorder.2/src/com/varma/samples/audiorecorder/RecorderActivity.java?r=77>
- [4] MURPHY, Mark L. *Android 2: průvodce programováním mobilních aplikací*. Vyd. 1. Brno: Computer Press, 2011, 375 s. ISBN 978-80-251-3194-7.
- [5] UHROVÁ, Helena. *Zvuk a akustika* [online]. 2011 [cit. 2013-05-03].
Dostupné z: <http://fchi.vscht.cz/uploads/pedagogika/nano/predmety/biofyzika/Zvuk-a-akustika.pdf>

7 POUŽITÝ SOFTWARE

[A] Eclipse – vývojové prostředí

Dostupné z: <http://www.eclipse.org/>

[B] GoldWave – program pro nahrávání a úpravu zvuku

Dostupné z: <http://www.goldwave.com/>

[C] Audacity – program pro nahrávání a úpravu zvuku

Dostupné z: <http://audacity.sourceforge.net>

[D] Microsoft Excel 2007 – standardní nástroj pro úpravu tabulek

Dostupné z: <http://office.microsoft.com/cs-cz/excel/>

PŘÍLOHA

Souhlasy se zpracováním nahrávek

**SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění**

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Aneta

Příjmení: Kasanová

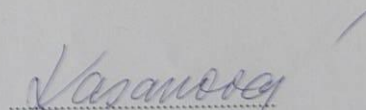
Titul:

Datum narození: 14. 6. 1990

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Brně, 15. 1. 2013


.....
podpis

SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Radek

Příjmení: Reif

Titul:

Datum narození: 4. 2. 1978

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013



.....
podeps

**SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění**

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Adéla

Příjmení: Reifová

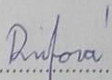
Titul:

Datum narození: 4. 8. 1982

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013


.....
podpis

**SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění**

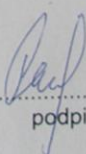
Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Martin
Příjmení: Petříček
Titul: Ing.
Datum narození: 8.3.1986

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013


.....
podpis

**SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění**

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Iryna

Příjmení: Kostina

Titul:

Datum narození: 26.9.1991

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013


.....
podpis

SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: David

Příjmení: Jindrák

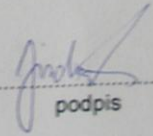
Titul:

Datum narození: 10.5.1986

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013



podpis

SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Marek

Příjmení: Jindrák


Titul:

Datum narození: 5.5.1991

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Jablonci nad Nisou, 15. 1. 2013

.....
podpis

SOUHLAS se zpracováním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění

Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Libor

Příjmení: Tvrđík

Titul: Bc.

Datum narození: 14.05.1978

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Brně, 15. 1. 2013


.....
podpis

**SOUHLAS se zpracováváním osobních údajů
dle zákona č. 101/2000 Sb.,
o ochraně osobních údajů, v platném znění**

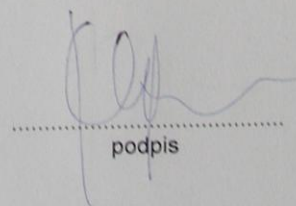
Já, níže podepsaný/podepsaná:

Jméno: Ota
Příjmení: Klepáček
Titul: Bc.
Datum narození: 21. 2. 1987

prohlašuji, že mé výše uvedené osobní údaje jsou pravdivé a přesné.

Dále souhlasím se zpracováním poskytnutých hlasových nahrávek pro účely bakalářské práce s názvem *Digitální záznam a analýza telefonních hovorů na mobilním přístroji*.

V Brně, 15. 1. 2013


.....
podpis