

# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

## PARAMETRIZOVATELNÝ HUDEBNÍ NÁSTROJ PRO MOBILNÍ PLATFORMY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN ŘEZÁČ

BRNO 2014



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ  
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA INFORMAČNÍCH TECHNOLOGIÍ  
ÚSTAV POČÍTAČOVÉ GRAFIKY A MULTIMÉDIÍ

FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY  
DEPARTMENT OF COMPUTER GRAPHICS AND MULTIMEDIA

# PARAMETRIZOVATELNÝ HUDEBNÍ NÁSTROJ PRO MOBILNÍ PLATFORMY

PARAMETRIZABLE MUSIC INSTRUMENT FOR MOBILE PLATFORMS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. MARTIN ŘEZÁČ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Dr. Ing. JAN ČERNOCKÝ

BRNO 2014

## Abstrakt

Cílem této práce je vytvořit aplikaci, která bude sloužit jako tříosý parametrizovatelný hudební nástroj, resp. modifikovaný MIDI kontrolér, pro mobilní zařízení postavená na platformě Android. V úvodní části je čtenář seznámen s některými dostupnými produkty v této oblasti, následuje krátký úvod do problematiky syntézy zvuku a přehled důležitých technologií. Další součástí je popis jednotlivých možností realizace aplikace a detailní specifikace použitého konceptu. Součástí této kapitoly je i stručné hodnocení původního návrhu, jeho klady a zápory a diskuse použitelnosti. Součástí práce je také popis implementace programu včetně optimalizace některých kritických bodů a vyhodnocení provedených testů zahrnujících průzkum názorů hudební veřejnosti na použití této aplikace. Závěrem je práce zhodnocena a je stanoven základní směr, kudy vývoj aplikace dál vést.

## Abstract

The goal of this thesis is to create an application, which will be primarily used as three-axis parametrizable musical instrument, respectively a modified MIDI controller, suitable for Android devices. Firstly, several products, which are available on the market, are reviewed and the reader is introduced to the problematics of audio synthesis, available technologies and typical Android device potential. The next chapter is dedicated to application design. Few designs are mentioned with focus on the chosen design concept. A part of this chapter is also a specification of the original concept, its implementation and advantages/disadvantages. The next part is dedicated to implementation and optimization of some of the critical points. Also the tests are evaluated including a survey about application usability. At the end, the whole work is concluded and the further development is outlined.

## Klíčová slova

Hudební nástroj, hudba, syntetizér, signál, matematická syntéza, tón, polyfonie, MIDI, VST, DAW, ASIO, Android, WiFi, síť, protokol, tablet, gyroskop, akcelerometr, přítlak, dálkové ovládání, reálný čas.

## Keywords

Musical instrument, music, synthesiser, signal, mathematical synthesis, tone, polyphony, MIDI, VST, DAW, ASIO, Android, WiFi, network, protocol, tablet, gyroscope, accelerometer, pressure, remote control, real time.

## Citace

Martin Řezáč: *Parametrizovatelný hudební nástroj pro mobilní platformy*, diplomová práce, Brno, FIT VUT v Brně, 2014

# Parametrizovatelný hudební nástroj pro mobilní platformy

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně pod vedením pana doc. Dr. Ing. Jana Černockého.

.....  
Martin Řezáč  
26. května 2014

## Poděkování

Poděkování patří především panu doc. Dr. Ing. Janu Černockému za odbornou pomoc, Fakultě Informačních technologií Vysokého učení technického v Brně za zapůjčení zařízení pro realizaci práce a panu Janu Kavkovi za zapůjčení elektrického pianu Clavia Nord pro účely testování funkcionality.

© Martin Řezáč, 2014.

*Tato práce vznikla jako školní dílo na Vysokém učení technickém v Brně, Fakultě informačních technologií. Práce je chráněna autorským zákonem a její užití bez udělení oprávnění autorem je nezákonné, s výjimkou zákonem definovaných případů.*



# Obsah

<b>1 Úvod</b>	<b>5</b>
1.1 Inspirace . . . . .	5
1.2 Motivace . . . . .	6
<b>2 Aktuální stav</b>	<b>7</b>
2.1 Dostupné aplikace . . . . .	7
2.1.1 Shapesynth . . . . .	7
2.1.2 Mini Synthesizer . . . . .	8
2.1.3 MIDI Droide . . . . .	8
2.1.4 TouchDAW . . . . .	9
2.2 Průzkum názorů hudební veřejnosti . . . . .	10
2.2.1 Kladené otázky . . . . .	10
2.2.2 Výsledky . . . . .	10
<b>3 Teoretický aparát</b>	<b>11</b>
3.1 Charakteristika tónu . . . . .	11
3.1.1 Frekvenční závislosti tónů . . . . .	12
3.2 Audio syntéza . . . . .	12
3.2.1 Aditivní (matematická) syntéza . . . . .	12
3.2.2 Typy signálu . . . . .	13
3.2.3 Problém kontinuální změny signálu . . . . .	13
<b>4 Ovládací prvky mobilních zařízení</b>	<b>15</b>
4.1 Dotyková vrstva . . . . .	15
4.1.1 Problém detekce tlaku . . . . .	16
4.2 Senzory polohy . . . . .	16
<b>5 Použité technologie</b>	<b>19</b>
5.1 VST . . . . .	19
5.1.1 VST, VSTi, VST Host . . . . .	19
5.1.2 VST 2.4 a VST 3.x . . . . .	20
5.2 ASIO . . . . .	21
5.2.1 Vlastnosti ASIO rozhraní . . . . .	21
5.3 MIDI . . . . .	21
5.4 MIDI informace . . . . .	22
5.4.1 System Exclusive zprávy . . . . .	22
5.4.2 Systémové zprávy . . . . .	22
5.4.3 Channel-specific zprávy . . . . .	22

5.5	MIDI Parametry . . . . .	23
5.6	Využití v tomto projektu . . . . .	23
5.7	DAW . . . . .	23
5.7.1	Koncept DAW zařízení . . . . .	24
5.7.2	Automatizace parametrů . . . . .	24
5.7.3	Využití v této práci . . . . .	25
<b>6</b>	<b>Návrh aplikace</b>	<b>26</b>
6.1	Původní návrh . . . . .	26
6.2	Syntéza v zařízení . . . . .	26
6.3	Klient-Server aplikace . . . . .	27
6.3.1	Komunikační protokol . . . . .	28
6.4	Rozšíření Klient-Server aplikace . . . . .	30
6.4.1	MIDI kontrolér . . . . .	30
6.4.2	VST host . . . . .	30
6.5	Shrnutí . . . . .	31
<b>7</b>	<b>Uživatelské rozhraní aplikace</b>	<b>32</b>
7.1	Uživatelské rozhraní - Klient . . . . .	32
7.1.1	Hrací plocha . . . . .	32
7.1.2	Funkce levého panelu . . . . .	33
7.1.3	Horní panel . . . . .	33
7.1.4	Senzory polohy . . . . .	34
7.2	Uživatelské rozhraní - Server . . . . .	34
7.2.1	MIDI Modul . . . . .	35
<b>8</b>	<b>Implementace a optimalizace</b>	<b>37</b>
8.1	Implementační jazyk a prostředí . . . . .	37
8.2	Použité knihovny a moduly . . . . .	37
8.3	Architektura serveru . . . . .	38
8.3.1	Typy zpráv . . . . .	38
8.3.2	MIDI rozhraní . . . . .	39
8.3.3	VST rozhraní . . . . .	39
8.4	Architektura klientské části aplikace . . . . .	40
8.5	Optimalizace . . . . .	41
8.6	Redukce detekovaných událostí . . . . .	41
8.7	Snížení doby odezvy . . . . .	41
8.7.1	Optimalizace síťové komunikace . . . . .	42
<b>9</b>	<b>Testování a Vyhodnocení</b>	<b>44</b>
9.1	Automatické testy . . . . .	44
9.1.1	Síťová komunikace . . . . .	44
9.1.2	MIDI rozhraní . . . . .	45
9.2	Uživatelské testy . . . . .	46
9.2.1	Důležité poznatky . . . . .	47
9.3	Náзор veřejnosti . . . . .	47
9.3.1	Průběh testů . . . . .	47
9.3.2	Výsledky testování . . . . .	47
9.4	Použití aplikace v reálném prostředí . . . . .	49

9.5 Shrnutí . . . . .	50
<b>10 Závěr</b>	<b>51</b>
10.1 Plán budoucí práce . . . . .	51
<b>A Obsah CD</b>	<b>55</b>
<b>B Návod k použití</b>	<b>56</b>
<b>C Formát zpráv definovaného aplikačního protokolu</b>	<b>57</b>
<b>D Výsledky prvotního průzkumu</b>	<b>58</b>
<b>E Výsledky uživatelského testování</b>	<b>61</b>

# Seznam obrázků

1.1	Continuum fingerboard od společnosti Haken Audio, obrázek byl převzat z [14] . . . . .	5
2.1	Uživatelské rozhraní programu Shapesynth . . . . .	7
2.2	Uživatelské rozhraní programu Mini Synthesizer . . . . .	8
2.3	Program MIDI Droide . . . . .	9
2.4	Uživatelské rozhraní programu TouchDAW . . . . .	9
3.1	Frekvenční charakteristika tónu . . . . .	11
3.2	Základní typy signálů využívané v aditivní syntéze . . . . .	13
4.1	Osy dotykové vrstvy tabletu . . . . .	15
4.2	Osy detekce polohy tabletu . . . . .	16
4.3	Diagram mechanismu detekce polohy s kompenzací výchylky vodorovné pozice	17
4.4	Diagram funkce periodické detekce polohy s kompenzací chyby čidla . . . . .	18
5.1	Formát MIDI Channel-specific zprávy. . . . .	22
5.2	Ukázka parametrické obálky pro hlasitost zvuku (červená křivka). . . . .	25
6.1	Schéma aplikace na základě původního návrhu. . . . .	27
6.2	Návrh aplikace s využitím nativních knihoven. . . . .	28
6.3	Návrh aplikace typu klient-server . . . . .	29
6.4	Formát zprávy vlastního protokolu aplikace . . . . .	29
7.1	Grafické uživatelské rozhraní klientské části aplikace . . . . .	32
7.2	Terminologie názvů jednotlivých pohybů . . . . .	34
7.3	Grafické uživatelské rozhraní serveru. . . . .	35
7.4	Nastavitelné parametry MIDI rozhraní. . . . .	35
8.1	Blokové schéma serverové části aplikace. . . . .	38
8.2	Příklad pořadí zasílaných zpráv při změně výšky tónu. . . . .	39
8.3	Zjednodušené schéma funkčnosti implementované aplikace klienta. . . . .	40
8.4	Mechanismus redukce detekovaných událostí . . . . .	41
8.5	Jednoduchý princip zahazování zpráv s využitím časových razítek. . . . .	43

# Kapitola 1

## Úvod

Obor zpracování a syntézy zvuku je v poslední době čím dál více rozšířenější. Hlavní oblastí, kde se dá s tímto oborem setkat je hudební průmysl. V dnešní době, kdy se do popředí dostává elektronická hudba, je prakticky nemožné vyhnout se všemožným zvukům, jejichž frekvenční charakteristika ani zdánlivě nástroj nepřipomíná. Cílem této práce je využít právě digitální syntézy zvuku a společně s vyspělou mobilní technologií přiblížit tuto zvukovou abstrakci nejen muzikantům, ale všem lidem, kteří se audio tvorbou zabývají.

### 1.1 Inspirace

Inspirací pro tuto práci je nepříliš známý hudební nástroj Continuum Fingerboard (viz obr. 1.1) od firmy Haken Audio [5]. Jedná se prakticky o dotykovou plochu, která detekuje jednak pozici prstů ve dvou dimenzích a zároveň snímá intenzitu. A proč právě tento nástroj? Právě kvůli jeho nevelké rozšířenosti a především vysoké ceně. Pravda, tablet asi nikdy nemůže hudební nástroj plnohodnotně nahradit, může se mu však přiblížit.



Obrázek 1.1: Continuum fingerboard od společnosti Haken Audio, obrázek byl převzat z [14]

## 1.2 Motivace

Pro koho tedy bude tato aplikace určena? Aplikace je určena primárně pro živé hraní. Na své si tedy přijdou určitě muzikanti, především klavíristi a klávesisti. Aplikace by však měla být do jisté míry dostupná i hudebně méně zdatným uživatelům. Už jen myšlenka, že na koncertě bude člověk, který bude hrát na tablet jako na hudební nástroj je přinejmenším velice zajímavá a dost inovativní na to, aby zaujala i zaryté vyznavače standardních postupů.

## Kapitola 2

# Aktuální stav

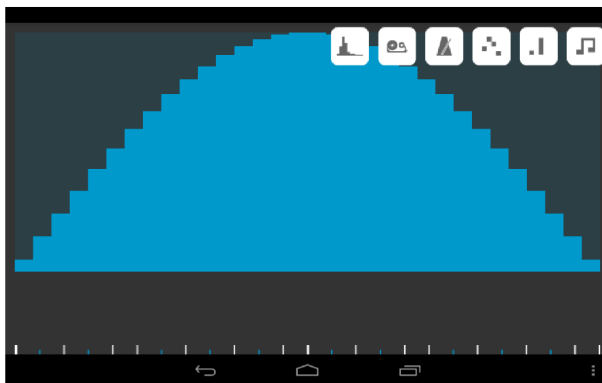
Tato kapitola je věnována průzkumu trhu. Cílem této části je čtenáře seznámit s některými dostupnými aplikacemi, vymezit jejich kladné a záporné vlastnosti a stručně je popsat. Součástí této kapitoly je i krátký souhrn prvotního průzkumu názorů hudební veřejnosti v oblasti potencionální použitelnosti a atraktivity navržené aplikace.

### 2.1 Dostupné aplikace

Existuje mnoho aplikací, které se snaží napodobovat reálné nástroje nebo syntetizovat zvuk na základě definovaných parametrů, většinou se však spíše jedná o „hračky pro děti“, než o opravdu použitelné produkty. Nepodařilo se mi najít téměř žádnou, která by byla pro živé hraní použitelná, resp. žádnou takovou aplikaci pro platformu Android. Pro zařízení od firmy Apple je k dispozici řada produktů, Android tak v tomto ohledu značně zaostává.

Přesto budou uvedeny některé aplikace, které v něčem vynikají nebo jsou jistým způsobem inspirativní.

#### 2.1.1 Shapesynth



Obrázek 2.1: Uživatelské rozhraní programu Shapesynth

Za zmínku určitě stojí program Shapesynth<sup>1</sup> (viz obr. 2.1). Přestože se zpracováním jedná o velmi jednoduchou aplikaci, její možnosti jsou, díky originální hlavní myšlence,

<sup>1</sup>Aplikace je dostupná a obrázek byl převzat z <https://play.google.com/store/apps/details?id=com.humbletune.shapesynth>.

poměrně rozsáhlé. Touto myšlenkou je uživatelsky definovatelný tvar zvukové vlny, na čemž je celá aplikace postavena. Aplikace, dle výrobce, také podporuje připojení externích MIDI kláves. Samotný zvuk je poměrně kvalitní a uvěřitelný. Nevýhodou je bohužel poměrně velká latence zvukového výstupu. Na živé hraní je tento produkt tudíž nepoužitelný.

### 2.1.2 Mini Synthesizer



Obrázek 2.2: Uživatelské rozhraní programu Mini Synthesizer

Aplikace Mini Synthesizer<sup>2</sup> (viz obr. 2.2) patří rovněž do rodiny zvukových syntetizérů. Tento produkt je inspirován legendárním nástrojem Mini Moog. Aplikace disponuje docela vysokou kvalitou zvuku a velmi věrohodným ovládáním. Dokonce i výsledná zvuková charakteristika se referenčnímu nástroji velmi blíží. Grafické uživatelské rozhraní připomíná zmíněný nástroj<sup>3</sup>, což vzhledem k množství nastavitelných parametrů poněkud zhoršuje možnosti ovládání.

Nevýhoda této aplikace spočívá ve vysokých nárocích na hardware a při použití více efektů najednou začínají vyplývat na povrch nedostatky v oblasti dynamického přidělování zdrojů. Vzniká tak slyšitelné praskání a GUI nereaguje plně plynule.

### 2.1.3 MIDI Droide

Program MIDI Droide<sup>4</sup> (viz obr. 2.3<sup>5</sup>) se řadí mezi bezdrátové MIDI ovladače. Aplikace je k dispozici ve dvou provedeních, první pro tablet, druhé pro telefon. Vzhledem k možnostem definice rozhraní pro různé rozlišení zařízení toto rozdělení moc nechápu. Na stránkách aplikace ani není rozumné vysvětlení, proč k tomuto dělení došlo.

Aplikace se řadí do skupiny klient-server programů. Pro běh aplikace je proto nutné mít na počítači nainstalovanou serverovou část této aplikace a aktivní připojení bezdrátové sítě.

Velmi zajímavým prvkem je ovládání parametrů pomocí náklonu mobilního zařízení dle jednotlivých os. Velkým zklamáním jsou omezené možnosti této aplikace. Potenciál použití takového programu je obrovský. Nicméně, vývojáři se omezili pouze na využití aplikace

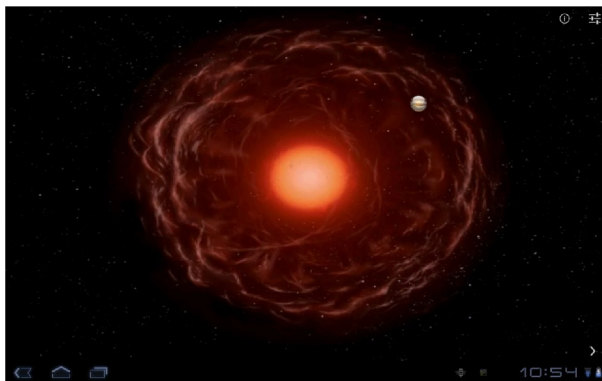
<sup>2</sup>Aplikace je dostupná a obrázek byl převzat z <https://play.google.com/store/apps/details?id=audio.bristol.minimoog>.

<sup>3</sup>Více informací o nástroji Mini Moog je k dispozici na <http://www.moogmusic.com/products/minimoog-voyagers>.

<sup>4</sup>Aplikace je dostupná z <https://play.google.com/store/apps/details?id=mididroide.tablet.com>.

<sup>5</sup>Obrázek byl převzat z <https://play.google.com/store/apps/details?id=mididroide.dosuno.namespace>.





Obrázek 2.3: Program MIDI Droide

jako sekvenceru s ovládáním volitelných parametrů. Nedá se tedy úplně říct, že se jedná o hudební nástroj nebo typický kontrolér.

#### 2.1.4 TouchDAW



Obrázek 2.4: Uživatelské rozhraní programu TouchDAW

Zajímavou aplikací v oblasti MIDI (viz sekce 5.3) a DAW (viz sekce 5.7) kontrolérů je TouchDAW<sup>6</sup> (viz obr. 2.4<sup>7</sup>). Smyslem této aplikace je dálkové ovládání produkčních studií, které jsou právě na zmíněných technologiích postaveny. Podobně jako MIDI Droide (viz sekce 2.1.3), i tento projekt se řadí do kategorie klient-server aplikací.

Co se týče použitelnosti, aplikace má překvapivě rychlou odezvu a ve spolupráci se serverovou částí se dokáže chovat jako nativní zařízení, najdeme ho tedy mezi standardními MIDI kontroléry. Ovládání aplikace je uspořádáno do přehledných struktur a reaguje bezchybně.

Škoda je, podobně jako u předchozího produktu, že se aplikace zabývá pouze ovládáním jednotlivých parametrů, a nelze ji tedy použít jako externí MIDI klaviaturu.

<sup>6</sup>Aplikace je dostupná z <http://www.humatic.de/htools/touchdaw/>

<sup>7</sup>Obrázek byl převzat z <http://www.androidblip.com/android-apps/de.humatic.tdf.html>.

## 2.2 Průzkum názorů hudební veřejnosti

Jelikož je aplikace původně zamýšlena jako produkt pro širokou veřejnost, především pro muzikanty, byl vybrán vzorek několika lidí, převážně z řad hudebníků, pro posouzení myšlenky, zda má vůbec smysl něco takového realizovat. Pro objektivitu názoru bylo do vzorku zahrnuto i několik lidí z řad hudebních fanoušků. Druhým důvodem, proč byla anketa realizována, byla potřeba pohledu na věc z jiné strany, než ze strany programátora a vyzvednutí důležitých požadavků na používání a ovládání celé aplikace.

### 2.2.1 Kladené otázky

Abychom, alespoň při samotném průběhu ankety, přešli kategorizaci populace na hudebníky a občany hudebně nevzdělané, byly všem položeny dvě obecné otázky zaměřené především na jejich představivost a celkový názor na nové technologie v oblasti hudebního průmyslu. Všichni zúčastnění měli na výběr, zda chtějí své jméno zveřejnit, nebo zůstat v utajení. Zúčastněným byly položeny tyto otázky:

- Jak na Vás působí myšlenka hudebníka běhajícího po podiu s tabletem jako hudebním nástrojem?
- Co byste od takového nástroje očekával(a)?

Tyto otázky byly chápány, dle očekávání, různými způsoby u lidí z hudebního průmyslu a u veřejnosti, tedy přesně podle záměru.

### 2.2.2 Výsledky

Z dotázaných 20 lidí se vyjádřilo 11 lidí, z toho 9 muzikantů. Většina lidí se shodla na názoru, že je to svým způsobem něco inovativního, něco, co už možná existuje, ale není to moc rozšířené. *„Je zajímavé si představit někoho, kdo má místo kytary tablet a hraje na něm sólo. Může to být výborné zpestření koncertu, ale obávám se, že starší generace bude k tomuto produktu více skeptická.“*, uvedl pan Jan K. Pravdou je, že mladší generace je dle výsledků daleko více nakloněna novinkám a nebojí se experimentů, starší generace je naopak usedlejší a novinkám nedává příliš velkou naději. *„Nejsem si jist použitelností takového nástroje, připadá mi to jako laciná náhražka nástroje.“*, uvedl pan Jaroslav D.

Většina muzikantů vyžaduje kvalitní a přehledné ovládání, velmi vítaná je taky mobilní zařízení. Co se týče zvukových požadavků, většina dotázaných by si k tomuto účelu představovala buď zvuk elektrické kytary, nebo určitou formu syntetizéru. Objevily se však i požadavky na klavír nebo smyčcové nástroje.

Dle prvotního průzkumu lze tedy usoudit, že výsledný produkt má šanci na úspěch, musí však být spolehlivý a propracovaný. Bude ale vyžadovat hodně úsilí přesvědčit starší generaci o jeho smysluplnosti a použitelnosti.

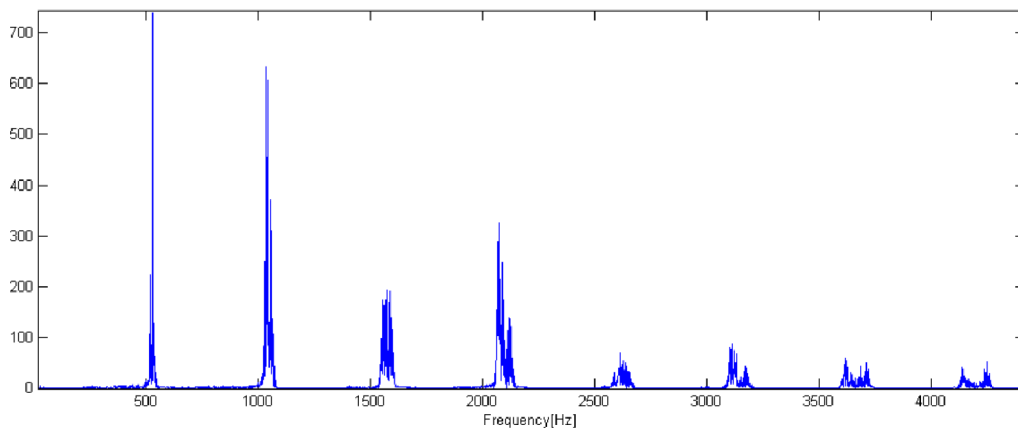
## Kapitola 3

# Teoretický aparát

Tato kapitola je věnována teoretickému základu, na čemž je celá práce postavena. Řešena jsou základní fakta z oblasti hudební teorie a audio syntézy se zaměřením na matematickou (též aditivní) syntézu. Součástí této kapitoly je i přehled možností ovládání tabletu s krátkým náhledem do možností způsobu použití jednotlivých ovládacích prvků ve výsledné aplikaci.

### 3.1 Charakteristika tónu

Před tím, než bude rozebrána syntéza tónu, je třeba uvést základní poznatky z oblasti hudební teorie. Hudba jako taková je prakticky organizovaná směs melodií a ruchů. Každá melodie není nic víc, než posloupnost tónů a souzvuků tónů. Tón by se dal charakterizovat jako základní stavební jednotka pro tvorbu hudby a je určen svou výškou, délkou, hlasitostí (intenzitou) a barvou.



Obrázek 3.1: Frekvenční charakteristika tónu

Z obrázku frekvenčního spektra tónu (viz 3.1) je patrné, že tón obvykle není definován pouze svou základní frekvencí [1], která určuje jeho výšku, ale jsou zde vidět i další (vedlejší) frekvence. Tyto frekvence potom určují barvu výsledného tónu, dá se tedy na základě frekvenčního rozkladu tónu zjistit nejen jeho frekvence, ale i určit nástroj, kterým byl tón vytvořen.

### 3.1.1 Frekvenční závislosti tónů

Aby bylo možno tón správně reprodukovat, je zapotřebí znát jeho frekvenci. Jako referenční tón se používá komorní A<sup>1</sup> o frekvenci 440Hz<sup>2</sup>. Interval dvou půltónů lze dále ještě dělit na 100 centů. Nechť  $i_n$  je počet centů mezi tónem, u něhož chceme zjistit frekvenci, a referenčním tónem. Konstanta  $f_{ref}$  je frekvence referenčního tónu (nejčastěji A - 440Hz). Potom platí vztah 3.1.

$$f_n = f_{ref} \cdot 2^{\frac{i_n}{1200}} \quad (3.1)$$

## 3.2 Audio syntéza

Samotná audio syntéza (též syntéza zvuku) je proces vytváření zvuku na základě určitých poznatků. Metod syntézy existuje několik typů. [2]

**Aditivní syntéza** Metoda aditivní syntézy spočívá ve sčítání periodických funkcí o určité frekvenci. Jedná se o nejrozšířenější metodu v doméně syntézy elektronických zvuků.

**Subtraktivní syntéza** Subtraktivní syntéza, podobně jako aditivní syntéza, je velmi rozšířená především v oblasti elektronických syntetizérů. Její princip spočívá v generování harmonicky-bohatých<sup>3</sup> signálů a jejich následné filtraci [4].

**Modelování reálného nástroje** Tato metoda je založena na fyzikálním modelování vlastností hudebního nástroje. Jedná se o poměrně složitou a výpočetně náročnou metodu. Její výsledky se velmi blíží realitě. Používána především v oblasti modelování skutečných nástrojů.

**Sample-based syntéza** Princip této metody je založen na tzv. ohýbání signálu<sup>4</sup>. Syntetizér má v tomto případě k dispozici jeden, nebo více souborů s určitým tónem a ty se snaží pomocí zmíněné techniky ohýbání „napasovat“ na určitou frekvenci. V případě více souborů se může provádět interpolace mezi sebou pro dosažení lepších výsledků.

Jelikož je cílem tohoto projektu syntetizovat především elektronické zvuky, nikoli napodobovat zvuky reálných hudebních nástrojů, budeme se v této práci zabývat především Aditivní (matematickou) syntézou, která je pro tento účel nejrozšířenější.

### 3.2.1 Aditivní (matematická) syntéza

Z hlediska matematické syntézy zvuku je tón prakticky jen vážená suma periodických funkcí s přidanými efekty (šum apod.). Efekty se nebudeme tolik zabývat. Pro účel této práce je tón chápán ve své čisté podobě, tedy bez jakéhokoliv přidaného zkreslení, šumu apod. Matematicky lze tón definovat pomocí následující rovnice:

<sup>1</sup>v MIDI informaci kódována jako A4, používá se z historických důvodů.

<sup>2</sup>Pozn.: Nutno dodat, že ne vždy se v dnešní době bere v úvahu jako reference tón A o hodnotě 440 Hz. Často se lze setkat se situací, kdy je frekvence referenčního tónu až o 5 Hz větší/menší, i tento fakt je proto nutno brát při implementaci v potaz.

<sup>3</sup>Signály, které obsahují mimo hlavní frekvenci velké množství harmonických frekvencí.

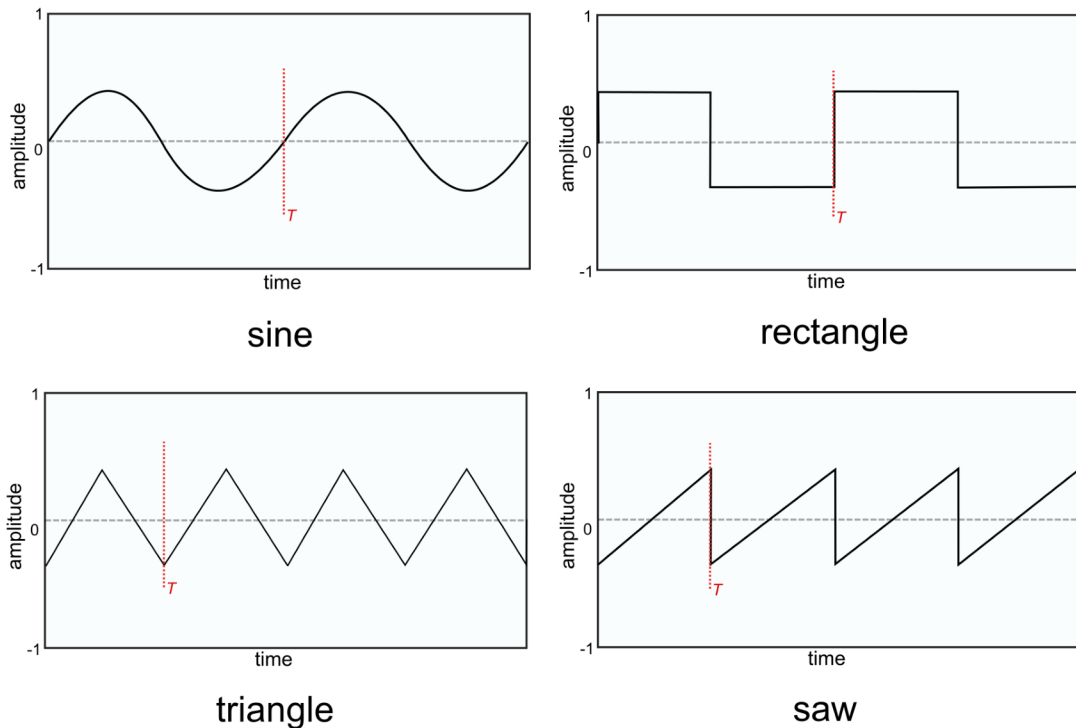
<sup>4</sup>Metoda změny frekvence signálu, kdy se signál podle frekvence převzorkuje na delší/kratší úsek, a tím se změní jeho frekvence.

$$x(t) = A \cdot \sum_{n=0}^N a_n \cdot f_n(t) \quad (3.2)$$

Za funkci  $f_n$  lze dosadit jakoukoliv periodickou funkci,  $a_n$  je amplituda jednotlivé složky (frekvence) signálu, přičemž v ideálním případě by se měl součet všech amplitud jednotlivých složek signálu rovnat jedné. Konstanta  $A$  je celková amplituda (hlasitost) výsledného signálu.

### 3.2.2 Typy signálu

Zatímco u simulace reálných hudebních nástrojů se používají v drtivé většině signály s tvarem sinusoidy, v oblasti syntézy elektronických zvuků je situace poněkud odlišná. Vrátili-li se zpátky k rovnici 3.2, můžeme za  $f_n$  dosadit libovolnou periodickou funkci. Přehled průběhů nejpoužívanějších funkcí je zobrazen na obrázku 3.2 včetně vyznačení délky periody ( $T$ ).



Obrázek 3.2: Základní typy signálů využívané v aditivní syntéze

Použití takovýchto typů signálů právě dodává výslednému zvuku typickou charakteristiku elektronickým syntetizérů jako je ostrost, agresivita apod.

### 3.2.3 Problém kontinuální změny signálu

Jednou z funkcí, která by mohla učinit výslednou aplikaci něčím výjimečným, je neomezená změna frekvence jednotlivých tónů během přehrávání. Zjednodušeně by aplikace měla

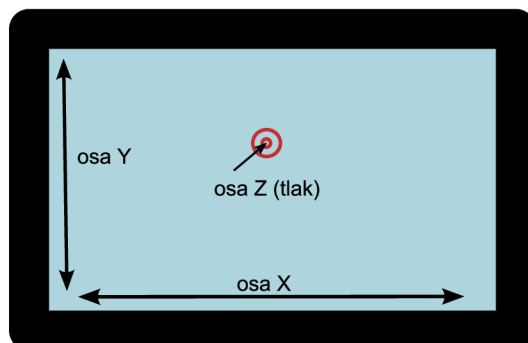
umožnit uživateli zahrát tón a během hraní měnit jeho výšku. Zde nastává problém kontinuální změny kmitočtu signálu. Pokud nastane změna tónu, měly by jednotlivé křivky na sebe navazovat, jinak dochází k nežádoucímu efektu praskání. Řešením je například počítat signál v oboru komplexních čísel a pro každý vzorek si pamatovat fázi signálu, nebo zjednodušeně - pamatovat si hodnotu předchozího vzorku (případně dvou pro detekci, jestli je funkce v daném intervalu rostoucí nebo klesající) a na základě známé frekvence počítat další vzorek pouze na základě těchto hodnot.

## Kapitola 4

# Ovládací prvky mobilních zařízení

Generace nynějších mobilních zařízení disponuje poměrně komplexními možnostmi ovládnání, od dotykové vrstvy až po různé senzory polohy a rychlosti pohybu. Díky těmto prvkům se, oproti klasickým počítačům a dotykovým plochám, otevírají velmi široké možnosti využití, zvláště pro účel této práce, kdy je variabilita ovládnání velmi žádoucí. Vzhledem k faktu, že aplikace bude daleko lépe ovladatelná na zařízeních s větším displejem, budeme dále upřednostňovat zařízení typu tablet před mobilními telefony. Portace by měla být možná pro oba dva typy zařízení, avšak z prvotního průzkumu vyplývá, že velikost pracovní plochy je pro mnohé lidi velmi důležitý faktor, proto právě tablet.

### 4.1 Dotyková vrstva



Obrázek 4.1: Osy dotykové vrstvy tabletu

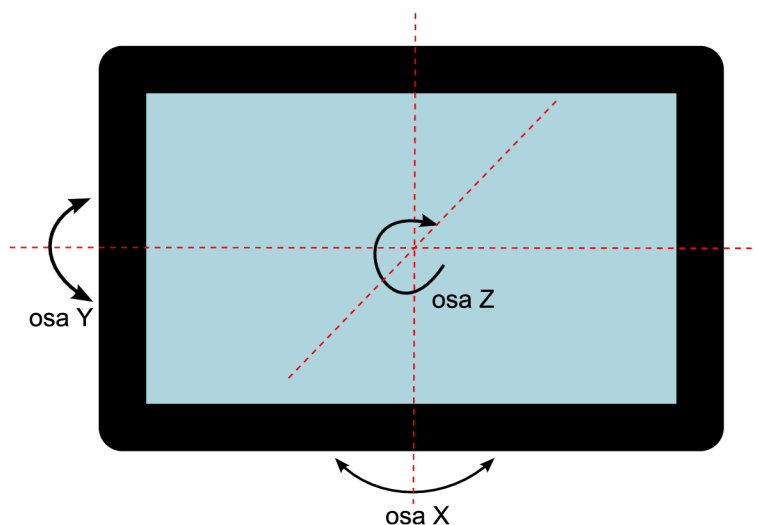
Základním ovládacím prvkem tabletu je jeho dotyková vrstva. Tato práce počítá s kapacitním, v dnešní době standardním displejem s podporou gest a více bodů dotyku naráz. Dotyková vrstva tabletu obsahuje teoreticky 3 osy (viz. obr. 4.1). Základní osy X a Y jsou potenciálně využitelné pro standardní tónovou manipulaci jako je výška tónu(x) a hlasitost. Jelikož se jedná o 3-osý model aplikace, máme k dispozici jednu osu, kterou lze přiřadit k jakémukoliv dalšímu prvku, od frekvenční charakteristiky až po různé efekty.

Daleko rozumnější varianta, dle mého názoru, je přenechat osu Y možnostem parametrizace a simulovat hlasitost pomocí osy Z. Zde se ale vyskytuje zásadní problém, a to fakt, že drtivá většina zařízení nedokáže tlak správně detekovat.

### 4.1.1 Problém detekce tlaku

Možným řešením je využít fyziologie lidského těla a počítat s faktem, že tlak je úměrný plošné deformaci prstu v oblasti doteku.<sup>1</sup> Jinak řečeno, čím více prstem na tablet zatlačíme, tím větší plochu prst zaujímá. Na základě tohoto faktu lze potom dopočítávat intenzitu tlaku podle počtu obsažených pixelů v oblasti místa doteku. Problémem opět zůstává fakt, že velikost prstů se u jedinců značně liší. Proto bude pravděpodobně vyžadována možnost kalibrace zařízení, aby byla detekce co nejpřesnější.

## 4.2 Senzory polohy



Obrázek 4.2: Osy detekce polohy tabletu

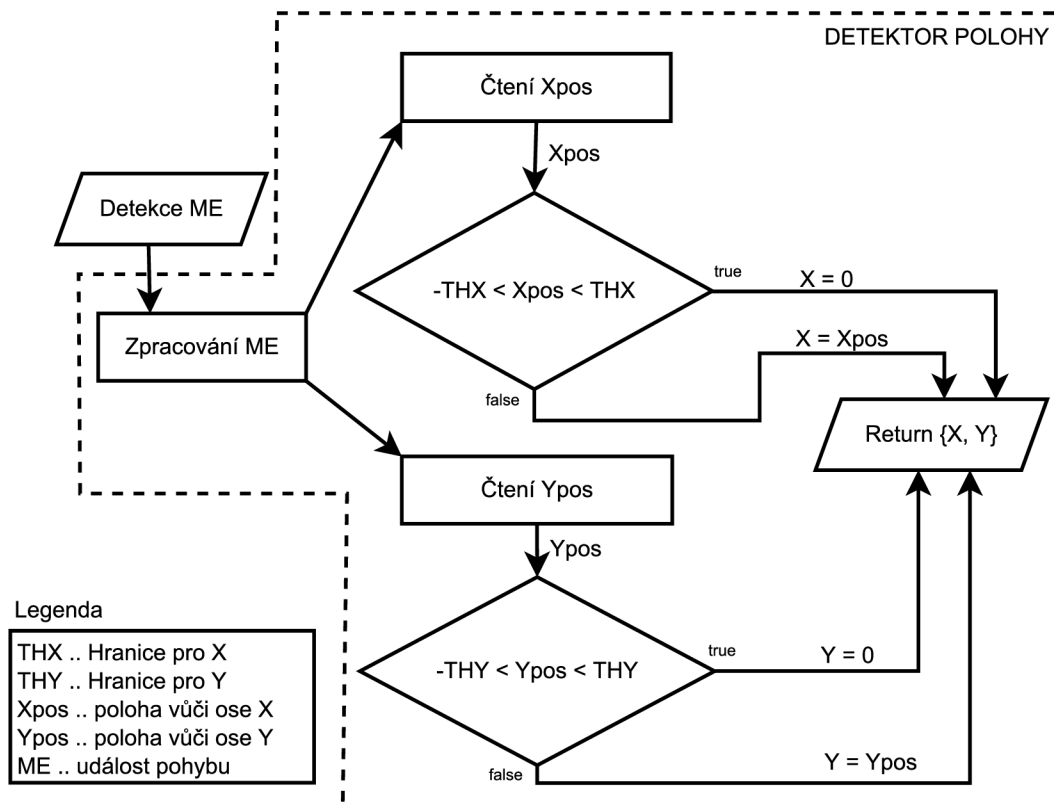
Sekundárními ovládacími prvky jsou detektory polohy (gyroskopy) a rychlosti pohybu (akcelerometry) zařízení. Tyto dvě veličiny lze opět detekovat ve všech třech dimenzích, pro účel aplikace však budou stačit pouze dvě, můžeme si tedy dovolit osu Z vypustit. Důvodem vypuštění právě této osy je fakt, že použití této osy v kombinaci s dotykovým ovládním není příliš vhodné.

U tohoto typu ovládní je nutné vzít v potaz i fakt, že ne vždy je tablet ve vodorovné poloze. Je tedy nutné určit hranice (threshold), které budou sloužit pro aktivaci/deaktivaci měření polohy. Měla by existovat i možnost onu hranici různě posouvat, případně polohu úplně ignorovat. Abstrahovaný model detekce polohy s využitím hranic je blíže specifikován diagramem (viz obr. 4.3).

Z diagramu je patrné, jakým způsobem lze kombinaci akcelerometrů a gyroskopů využít. Otázkou zůstává, jak drobné pohyby dokáže zařízení detekovat, aby nedošlo k nežádoucím jevům. Příkladem je modelová situace, kdy při prudkém náklonu doleva podél osy X dojde k aktivaci detekce polohy, ale proces navrácení zařízení do výchozí polohy bude natolik jemný a pomalý, že detektory změnu polohy nezaregistrují. Řešením je periodické dotazování se na aktuální polohu zařízení, např. pomocí časovače (viz modré a černé cesty na obr. 4.4) a komparace aktuální a naměřené polohy.

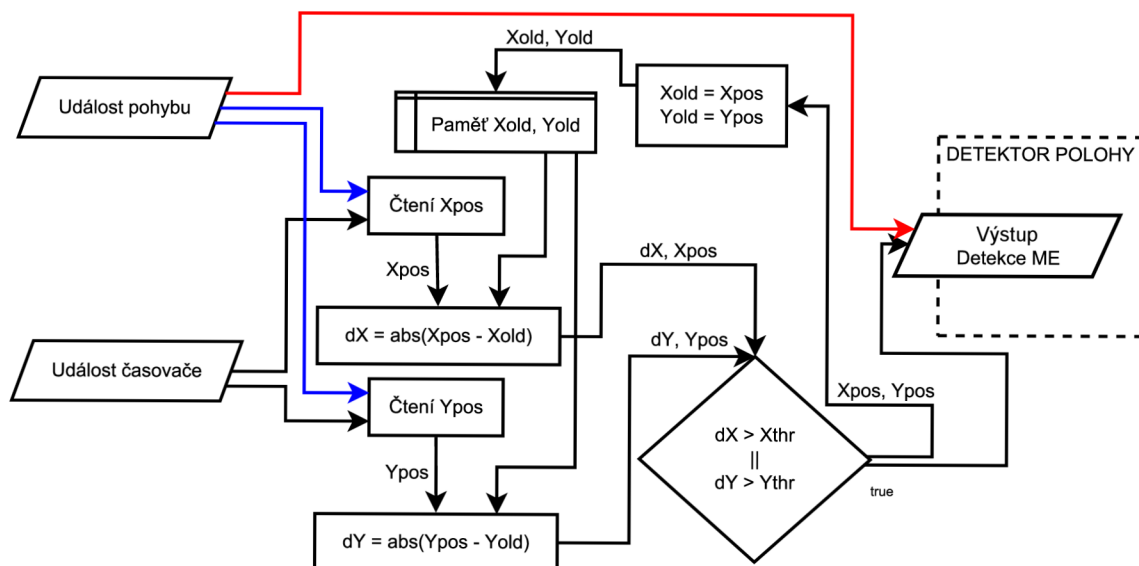
<sup>1</sup>Platforma Android verze 2 a vyšší má tento mechanismus implementován, v práci se jím nebudeme více zabývat.





Obrázek 4.3: Diagram mechanismu detekce polohy s kompenzací výchylky vodorovné pozice

V úvahu je třeba vzít i drobné odchylky měření a brát v potaz pouze ty události, které nesou informace o reálné změně. Tento neduh se dá řešit podobně, jako je ukázáno na obrázku č. 4.4 (červené a černé cesty). Tedy pomocí komparace aktuální a naměřené hodnoty. Toto řešení je schopné eliminovat drobné výchylky čidel, otázkou ovšem zůstává, jak malý zvolit minimální přírůstek, aby eliminace chyby měření příliš neomezovala detekci drobných pohybů. Vhodným řešením je proto v tomto směru nechat kalibraci zařízení, resp. nastavení těchto hodnot, na uživateli.



Obrázek 4.4: Diagram funkce periodické detekce polohy s kompenzací chyby čidla

## Kapitola 5

# Použité technologie

Cílem této kapitoly je stručně uvést ve známost hlavní technologie, které jsou ve výsledné aplikaci využity, nebo se jí bezprostředně týkají. Důvodem použití technologií je především snaha o určitou univerzalitu v použití a vyhnutí se tzv. „opakovaného vymýšlení kola“. Neméně důležitým faktem jsou otevírající se možnosti, které s použitím těchto technologií vyplývají na povrch [19]. Tato kapitola, vzhledem k některým shodám použitých technologií, je částečně převzata z mé bakalářské práce [3].

### 5.1 VST

Virtual Studio Technology, zkráceně VST, je rozhraní vyvinuté firmou Steinberg [22]. Pomocí tohoto rozhraní lze vytvářet různé moduly též nazývané jako VST pluginy<sup>1</sup>. Tyto moduly se dají použít v různých hostitelských aplikacích, které samozřejmě musí podporovat technologii VST disponovat. Takové aplikace jsou potom nazývány VST hosty. Mezi nejznámější VST hosty lze zařadit např. Cubase od firmy Steinberg, programy Fruity Loops a FL Studio od firmy Image-Line nebo program Ableton Live.

Firma Steinberg dala pro programátorské účely volně k dispozici tzv. VST SDK [17]. Jde o sadu tříd napsaných v jazyce C++ včetně detailní dokumentace a různých příkladů použití. Součástí tohoto balíku je také soubor tříd pro popis grafického uživatelského rozhraní pluginu VST GUI, kde jsou implementované třídy pro tlačítka, posuvníky, displeje, otočné potenciometry a další. Technologie VST je kompatibilní se systémy Mac OS X a Microsoft Windows. Existuje sice i modifikace tohoto balíku, která je použitelná v systémech typu UNIX, nejedná se ale o oficiální produkt firmy Steinberg.

#### 5.1.1 VST, VSTi, VST Host

Existuje několik typů VST modulů. Je třeba respektovat způsob použití jednotlivých typů VST jednotek a používat je jen tam, kam jsou tyto jednotky určeny. V zásadě lze VST moduly rozdělit na tři kategorie.

##### VST Host

Jako první je třeba zmínit ten nejzákladnější typ modulu, bez kterého by ostatní nemohly existovat, resp. by nemohly fungovat. Jedná se o hostitelskou aplikaci, resp. modul rozhraní pro hostování jednotlivých pluginů. Tento VST Host má na starosti, mimo časové

---

<sup>1</sup>Zásuvný modul do aplikace, který je možno za běhu měnit.

synchronizace audio vzorků a odchyťávání jednotlivých chyb, také nastavování jednotlivých parametrů. Parametry jsou často nastavovány pomocí prostředků technologie DAW (viz 5.7) a MIDI (viz 5.3). Proto je u takovýchto aplikací podpora zmíněných technologií velmi žádoucí.

## VST Nástroj

Druhou kategorií jsou tzv. VST nástroje<sup>2</sup>, často jsou označovány jako VSTi (z angl. VST Instrument). Jedná se o pluginy, kterým jsou na vstup přiváděna MIDI data, na jejichž základě je syntetizován nebo reprodukován zvuk. Tato kategorie by se dala tedy charakterizovat jako softwarové syntetizéry. Syntetizérů založených na VST technologii je k dispozici nespočet, jak komerčních, tak volně dostupných.

Novinkou ve verzi VST 3 je možnost využití více vstupů najednou, mimo jiné i využití současně MIDI a audio vstupu. Tento benefit přispívá k dalším možnostem syntézy zvuku, lze tak programovat vokodéry<sup>3</sup>, harmonizéry<sup>4</sup> a různé další efekty<sup>5</sup>.

## VST Efekt

Poslední kategorií jsou VST efekty (VST Effect). Tyto pluginy dostávají na vstup audio signál, který určitým způsobem zpracovávají. Na jejich výstupu je opět audio signál. Mezi tyto efekty můžeme řadit prakticky jakékoliv zvukové procesory. Většinou se jedná o efekty typu *delay*, *flanger*, *reverb*, *chorus* apod.

### 5.1.2 VST 2.4 a VST 3.x

VST3 je poměrně velkým krokem v doméně této technologie. Vizí VST verze 3 bylo použití několika MIDI ovladačů najednou, plná podpora MIDI, *single-note control*<sup>6</sup> a další. Jelikož je těchto rozdílů poměrně hodně, budou zmíněny pouze ty nejpodstatnější.

Jedním z nejdůležitějších rozdílů mezi těmito technologiemi je podpora 64-bitového zpracování. Výsledkem je větší přesnost v oblasti zpracování. Otázkou je, jak až moc se to ve výsledném zvuku může projevit. Nemyslím si, že by lidské ucho bylo schopno detekovat drobné detaily, které 64-bitové zpracování nabízí.

Dalším, docela důležitým a zajímavým rozdílem, je „ekonomické zpracování“ a tím zvýšení efektivity zpracování a zároveň snížení nároků na CPU. Z vlastní zkušenosti vím, že pokud se věnujeme většímu projektu, často se i s moderními procesory dokážeme přiblížit hranici 80%. Použitím VST3 je možné snížit zátěž o více než polovinu beze změny kvality.

Pro uživatele asi nejznatelnějším vylepšením je rozšíření možností směřování vstupních a výstupních dat. Díky tomuto vylepšení můžete například sbírat data z více MIDI vstupů najednou, stejně tak můžete posílat data na více výstupů. Novinkou je již zmiňovaná možnost „podstrčit“ VSTi pluginu zvuková data.

<sup>2</sup>Pozn.: VST nástroje jsou pro práci důležité, v případě implementované podpory této technologie ve výsledné aplikaci lze tohoto typu pluginů využít na místě syntetizérů.

<sup>3</sup>Efekt, který dokáže na základě přijaté MIDI informace modulovat řeč tak, aby její hlavní frekvence odpovídala danému tónu.

<sup>4</sup>Efekt, který dokáže za pomoci přijaté informace tvořit různé intervaly k zpracovávanému zvuku, dají se tak tvořit dvojhlasly apod.

<sup>5</sup>Pozn.: VST nástroje jsou pro práci důležité, v případě implementované podpory této technologie ve výsledné aplikaci lze tohoto typu pluginů využít na místě syntetizérů.

<sup>6</sup>Možnost upravovat parametry pro jednotlivý tón, nejen kanál.

Posledním vylepšením, které stojí za zmínku, je zpřesnění celkové automatizace parametrů a snížení prodlevy mezi změnou parametrů. Tato skutečnost umožňuje téměř okamžitý projev změny parametru na výsledném zvuku.

## 5.2 ASIO

Audio Stream Input Output (zkráceně ASIO) [21] je speciální nízkoúrovňový protokol pro zpracování digitálního zvuku. Tento protokol byl navržen a implementován firmou Steinberg a zprostředkovává rozhraní pro výměnu zvukových dat mezi aplikací a zvukovou kartou počítače. Hlavními rysy tohoto rozhraní je jeho nízká latence, rychlost a vysoká kvalita zvuku.

Zmíněná technologie je primárně implementována pro platformy Microsoft Windows. Existují už však i experimentální ovladače pro Wine<sup>7</sup>. Tato větev mi však přijde zcela zbytečná, protože pro Linuxové systémy jsou k dispozici ALSA ovladače, které plní prakticky stejnou funkci jako ASIO na systémech Microsoft Windows.

### 5.2.1 Vlastnosti ASIO rozhraní

Hlavní předností ASIO rozhraní je jeho extrémní rychlost a nízká latence. ASIO ovladače fungují jako most mezi aplikací a zařízením, eliminuje se tedy kompletně latence vzniklá průchodem všech audio vrstev systému včetně zápisů/čtení do/z vyrovnávací paměti. Tímto vzniká možnost daleko větší kontroly nad velikostí zmíněné vyrovnávací paměti, což je zvláště pro zpracování zvuku v reálném čase velký přínos.

Další předností tohoto rozhraní je vysoká zvuková kvalita. Zatímco klasické systémové ovladače MS Windows ořezávají 24-bitové vzorky na horních 16 bitů, ASIO plně podporuje přenos těchto vzorků v původní kvalitě. Pro zajímavost, 24-bitová zvuková kvalita je používána téměř ve všech lepších nahrávacích studiích.

Rozhraní ASIO má však i své nedostatky. Nejpodstatnější nedostatek z hlediska používání technologie je fakt, že se současně pomocí ní k jednomu zvukovému zařízení připojí pouze jedna aplikace, jedná se tedy o tzv. *single-host* rozhraní. Důsledkem tohoto faktu je potřeba používat komplexní aplikace s podporou všech požadovaných technologií, a nelze tedy propojit samostatné programy jako moduly mezi sebou.

Druhým nedostatkem je omezená podpora ovladačů pro zvukové karty. Sice existují projekty jako ASIO4ALL<sup>8</sup>, podpora všech zvukových karet stále není stoprocentní, a pro použití ASIO technologie je doporučeno pořídit si specializovanou profesionální zvukovou kartu.

## 5.3 MIDI

Musical Instrument Digital Interface, zkráceně MIDI [9], je mezinárodní specifikace vydaná pro hudební průmysl, která umožňuje v reálném čase široké škále hudebních nástrojů spolu komunikovat.

Tato technologie byla uvedena na trh v roce 1982 a dodnes je spravována organizací MIDI Manufacturers Association. Důvodem zavedení této technologie byla absence jakéhokoliv standardu pro komunikaci mezi různými hudebními nástroji, především tedy syn-

---

<sup>7</sup>Emulátor systému Windows pro Linuxové systémy.

<sup>8</sup>ASIO ovladače pro většinu zvukových karet. Dostupné z [20].

tetizéry. Zavedení této technologie přineslo řadu výhod. Asi největší výhodou je znatelná redukce kabeláže mezi jednotlivými zařízeními, a s tím spojená menší náročnost na různé další převodníky, které zajišťovaly kompatibilitu mezi zařízeními různých značek. Další nespornou výhodou je univerzalita použití. V dnešní době se MIDI rozhraní používá také pro ovládání různých efektových procesorů.

MIDI rozhraní je sériové a je možné vybírat mezi 16 kanály. Je velmi důležité si uvědomit, že zařízení, která jsou propojena pomocí MIDI rozhraní, mezi sebou posílají MIDI informace, nikoliv výsledný zvuk.

## 5.4 MIDI informace

Informací přenášených přes MIDI rozhraní je několik typů. Každý typ zprávy je důsledkem rozdílných požadavků výrobců a proto se tyto typy od sebe vzájemně liší délkou informace.

### 5.4.1 System Exclusive zprávy

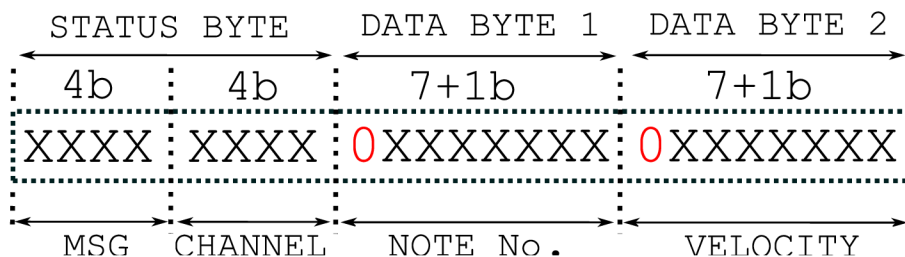
Za zmínku určitě stojí tzv. SysEx (System Exclusive) zprávy. Tyto zprávy slouží především k nastavování pokročilých vlastností mezi zařízeními, např. nastavení celkové hlasitosti, mikroladění<sup>9</sup>, požadavek pro výpis textu na displej apod. Do rodiny SysEx informací se zahrnují i speciální zprávy sloužící pro nastavení konkrétního parametru u specifického zařízení. Takové zprávy ovšem nejsou nijak standardizovány, většinou jsou dodefinovány výrobcem daného zařízení.

### 5.4.2 Systémové zprávy

Další rodinou informací jsou tzv. systémové zprávy (MIDI system messages). Tyto zprávy jsou určeny pro nastavování hodnot, které jsou společné pro všechny kanály. Typickým příkladem těchto zpráv žádost o nastavení referenčního tónu, nebo reset MIDI zařízení. Tyto zprávy mají podobnou strukturu jako Channel-specific zprávy (viz 5.4.3), liší se však číslem požadavku a významem hodnot jednotlivých datových bajtů.

### 5.4.3 Channel-specific zprávy

Poslední skupinou MIDI informací jsou tzv. *Channel-specific* (česky *kanálové*) MIDI zprávy. Tato skupina zpráv je určena k posílání požadavků na přehrání noty, zastavení přehrávání, ohýbání not apod.



Obrázek 5.1: Formát MIDI Channel-specific zprávy.

<sup>9</sup>Doladování frekvence referenčního tónu v intervalu 435 - 445 Hz



Kanálová MIDI informace má velikost 3 bajty. Na obrázku 5.1 je uvedena struktura této informace. Ve status bajtu se nachází dvě čtyřbitové informace. První udává typ požadavku, druhá udává kanál. Následují dva datové bajty, jejichž význam se liší podle typu požadavku.

Mezi základní a nejdůležitější zprávy patří ty, které slouží pro kontrolu nad přehrávanými tóny. Do této skupiny patří tyto zprávy:

- Note On - zpráva nese informaci o stisku klávesy
- Note Off - zpráva nese informaci o puštění klávesy
- Aftertouch - speciální zpráva, jejíž funkce závisí na použitém nástroji, u klávesových nástrojů lze touto zprávou simulovat rychlost puštění klávesy a tím tedy kontrolovat dozvuk jednotlivých tónů, u dechových nástrojů lze touto zprávou nastavovat intenzitu dechu.

První datový bajt je u těchto zpráv určen pro identifikaci čísla tónu. Referenční tón (C4<sup>10</sup>) nese hodnotu 60, ostatní tóny lze spočítat přičtením jejich půltónové vzdálenosti od referenčního tónu. Druhý datový bajt určuje tzv. velocity, tedy rychlost stisku a jedná se o simulaci hlasitosti tónu.

Důležitou zprávou je také tzv. Pitch-bend. Její účel je plynulá modulace frekvence všech tónů. Rozsah této modulace je nastavitelný pomocí MIDI parametrů. Parametr pitch-bend lze nastavit v intervalu 0 až 16383, přičemž nulový bod reprezentuje hodnota 8192. Tato hodnota je při přenosu rozdělena na horních a spodních 7 bitů a ty jsou přiřazeny do prvního a druhého datového bajtu zprávy.

Pro tuto práci velice významnou kategorií tvoří skupina požadavků pro získávání a nastavování parametrů. U těchto zpráv je v prvním bajtu přenášeno číslo parametru a v druhém jeho hodnota.

## 5.5 MIDI Parametry

Pomocí těchto zpráv lze ovlivnit celou řadu nastavení, v tabulce 5.1 jsou uvedeny nejdůležitější a nejpoužívanější parametry. Kompletní přehled všech těchto parametrů je k dispozici v [12] a [6].

## 5.6 Využití v tomto projektu

Jak již bylo uvedeno výše, pomocí MIDI informací lze ovládat většinu syntetizérů. Stejně tak existují tzv. virtuální MIDI rozhraní [13], která se tváří jako hardwarová zařízení. Ve skutečnosti se jedná pouze o aplikaci, která přijatá data posílá na rozhraní, jenž se tváří jako MIDI vstup. MIDI data můžeme tedy posílat v rámci jednoho počítače, ale také můžeme posílat MIDI data do externího zařízení. Lze tedy provádět syntézu v externím syntetizéru.

## 5.7 DAW

Technologie Digital Audio Workstation (zkráceně DAW) [15] je, podobně jako MIDI, elektronický systém pro práci s hudebními daty s rozdílem, že tato zařízení mohou pracovat i

<sup>10</sup>V klasické hudební terminologii je tento tón označován jako C1.

Číslo parametru	Jméno parametru	Význam
1	Modulation Wheel	Parametr určující pozici modulačního kolečka u klávesových syntetizérů
4	Foot Pedal	Intenzita zmáčknutí pedálu u klávesových nástrojů
7	Volume	Celková hlasitost
11	Expression	Ovládání celkové hlasitosti, používá se pro crescendo a decrescendo efekty.
71	Resonance	Pomocí tohoto parametru lze zvýšit amplitudu u rezonančních frekvencí
74	Filter Cutoff	Nastavení hladiny Low-pass filtru
5	Portamento Time	Doba pro plynulý přechod z tónu na tón.

Tabulka 5.1: Přehled nejpoužívanějších MIDI parametrů

se zvukem. Primárně je určena pro nahrávání, editaci a zpětné přehrávání hudebních dat. Umožňuje ale i přenos informací pro nastavení jednotlivých parametrů syntetizéru.

Původně byly DAW jednotky výhradně hardwarové zařízení, převážně bezpáskové se zabudovaným mikroprocesorem. Postupem času, s rostoucím výkonem osobních počítačů, se začaly objevovat softwarové produkty.

### 5.7.1 Koncept DAW zařízení

Pro účely této práce budeme uvažovat softwarové DAW zařízení [16]. Toto zařízení se skládá ze základních 4 komponent:

- Výpočetní jednotka - jádro celého systému, které provádí směrování dat, zpracování zvuku a zpracování parametrů
- Zvukové zařízení - tato jednotka má na starosti správné načasování jednotlivých audio vzorků, stará se také o předzpracování zvukového vstupu, resp. post-processing zvuku přiváděného na výstup
- Editor tónů - nejčastěji ve formě grafického editoru s možností editace jednotlivých zvukových a datových stop, vytváření obálek<sup>11</sup> parametrů apod.
- Vstupní zařízení - alespoň jedno vstupní zařízení, které umožňuje přidávat/měnit/mazat jednotlivé tóny

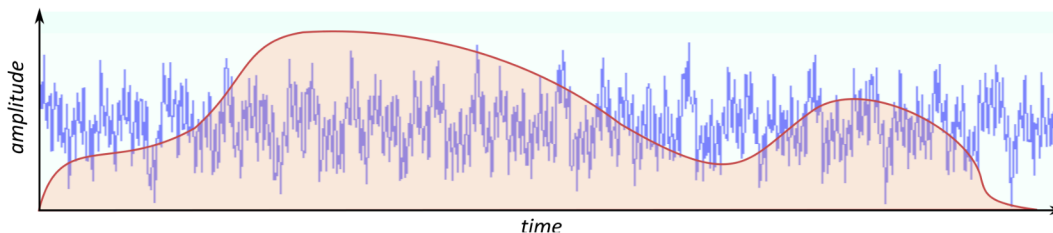
### 5.7.2 Automatizace parametrů

Velmi důležitou, a v dnešní době asi nejčastěji užívanou součástí DAW je možnost změny jednotlivých parametrů během samotného nahrávání/přehrávání. Tato součást je realizována pomocí parametrických obálek.

Parametrická obálka je abstraktní pojem označující časový průběh určitého parametru. Na obrázku 5.2 je ukázka obálky reprezentující celkovou hlasitost zvuku. Tato křivka není nic jiného než hodnota výstupní hlasitosti v čase. Aplikací této křivky tedy dojde k modifikaci amplitudy celkového signálu. Nutno dodat, že parametrické obálky neslouží pouze

<sup>11</sup>Definice chování určitého parametru v čase.





Obrázek 5.2: Ukázka parametrické obálky pro hlasitost zvuku (červená křivka).

pro hlasitost, ale dá se pomocí nich definovat průběh jakéhokoliv parametru (např. tempo nebo nastavení ekvalizéru).

### 5.7.3 Využití v této práci

Nejvýznamnější vlastností technologie pro tuto práci je právě zmíněná možnost nastavování parametrů pomocí obálek. Obálku lze také definovat a modifikovat v reálném čase. V tomto případě to funguje tak, že pokud explicitně nenastavíme další hodnotu daného parametru, obálka se v daném časovém intervalu nemění, její křivka, resp. přímka je v daném intervalu rovnoběžná s osou času. Právě tato vlastnost je důvodem, proč danou technologii, resp. některé její součásti v aplikaci využít. Nutno podotknout, že část této technologie zahrnuje samotný MIDI protokol. Parametrické obálky se takto dají realizovat pomocí SET\_PARAMETER<sup>12</sup> zpráv, jenž se řadí mezi kanálové zprávy.

<sup>12</sup>Zpráva, která slouží k nastavování jednotlivých parametrů.

## Kapitola 6

# Návrh aplikace

V této kapitole budou rozebrány jednotlivé návrhy aplikace se zaměřením na finální návrh s možnostmi rozšíření. Bude diskutována i náročnost implementace a výhody a nevýhody jednotlivých návrhů. Návrh a finální podoba uživatelského rozhraní bude diskutována v kapitole 7.

### 6.1 Původní návrh

Původní návrh vznikl ještě před jakýmkoliv průzkumem trhu a jeho cílem bylo zjistit, zda vůbec půjde návrh realizovat. Aplikace byla na základě tohoto návrhu implementována s využitím standardních prostředků vývojového balíku Android SDK<sup>1</sup>. Schéma této aplikace je zobrazeno na obrázku 6.1.

Principem toho návrhu je oddělení ovládání syntetizéru od samotné syntézy. Aplikace proto obsahovala dvě základní jednotky (vlákna), z nichž jedna měla na starosti zpracování událostí a zobrazování GUI, zatímco druhá jednotka se starala o samotnou reprodukci požadovaného zvuku. Už v tomto návrhu byl řešen problém kontinuální změny frekvence (viz 3.2.3). Tento návrh se bohužel potýkal s problémy rychlosti samotného interpretu jazyka Java pro mobilní zařízení postavených na platformě Android (dále jen Android Java). Tento problém je způsoben jednak vysokým počtem abstraktních vrstev Android Java pro přístup k jednotlivým zařízením a jednak nízkou rychlostí virtuálního stroje, na kterém je interpret provozován. Vzniká tak nežádoucí efekt, tzv. *overhead*, který způsobuje až nemožnost syntézy pomocí standardních prostředků.

### 6.2 Syntéza v zařízení

Řešením tohoto neduhu je využití speciálního balíku Android NDK<sup>2</sup>, což umožňuje implementaci některých součástí nativně s využitím grafického procesoru, pro potřeby syntézy zvuku tedy OpenSL ES<sup>3</sup>. Na tomto řešení je založen druhý koncept aplikace (viz. obr. 6.2).

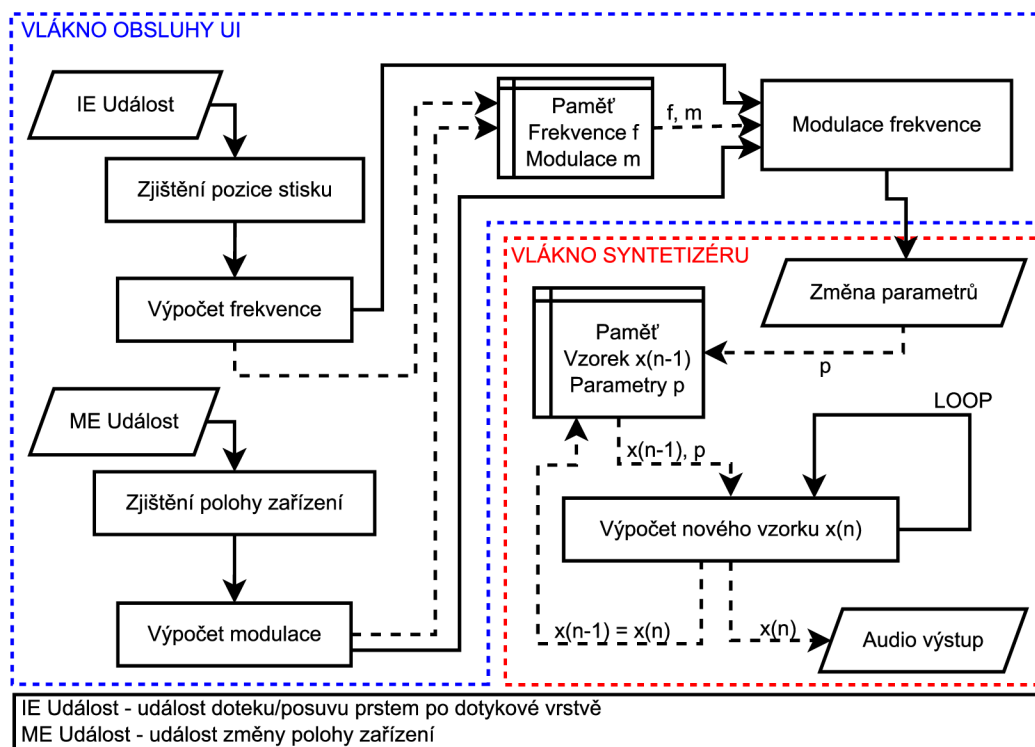
Tento návrh je prakticky pouze modifikace původní varianty s efektivně vyřešeným problémem nedostatečné rychlosti. Nově je zde zavedena i podpora polyfonie, s čímž souvisí i podpora gest a více doteků současně.

---

<sup>1</sup>Balík pro vývoj aplikací v Javě pro android, dostupný z [7].

<sup>2</sup>Balík nástrojů určený pro programování nízkourovňových aplikací pro platformu Android. Dostupné z [7].

<sup>3</sup>Knihovna pro syntézu a zpracování zvuku na grafických procesorech pro vestavěné systémy, dostupné z [11].



Obrázek 6.1: Schéma aplikace na základě původního návrhu.

Hlavní modifikace je ve využití několika paralelních syntetizérů. Myšlenka je taková, že každý syntetizér reprezentuje jeden lidský prst. Tímto lze zachovat nezávislost v oblasti parametrizace jednotlivých tónů (viz. 4.1). Signál těchto syntetizérů je poté sečten a na výsledný signál jsou aplikovány různé transformace v závislosti na zvolených parametrech syntézy, případně na dalších ovládacích prvcích (např. poloze zařízení).

Velkou výhodou tohoto návrhu je kompaktnost celé aplikace a poměrně snadná instalace. Nevýhodou jsou naopak velmi omezené možnosti pohybu, jelikož je nutné nějakým způsobem předávat zvuk dále. A vést zvuk ze zařízení kabelem dál, není zrovna nejšťastnější řešení. Z hlediska implementace je hlavní problém v poměrně obtížném ladění samotného syntetizéru, ale tento fakt je pro koncového uživatele nepodstatný.

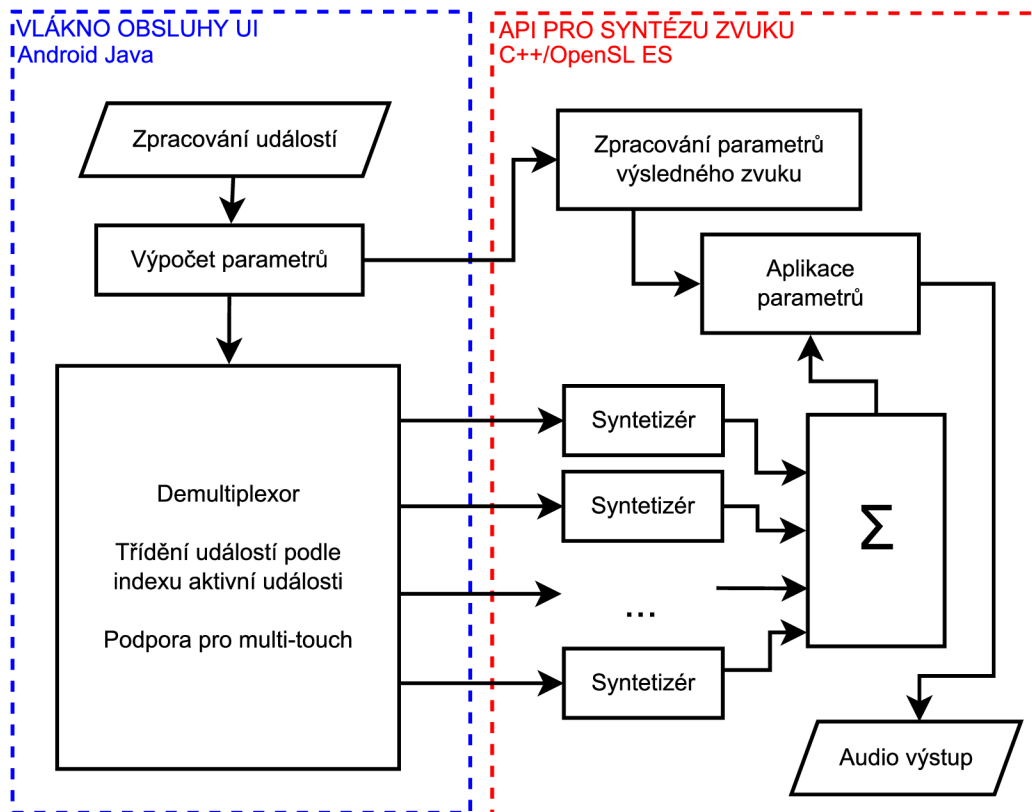
### 6.3 Klient-Server aplikace

Nabízí se řešení pomocí předávání dat bezdrátově do jiného přístroje (dále jen server), který je přímo napojen na celou zvukovou soustavu<sup>4</sup>. Výsledný návrh aplikace je na tomto řešení založen, ovšem s modifikací, kdy se mobilní zařízení (dále jen klient) chová pouze jako dálkový ovladač a samotná syntéza probíhá na straně serveru (viz obr. 6.3).

Tato varianta návrhu rovněž řeší veškeré problémy vyplývající s rychlostního omezení zařízení, mohou však vzniknout problémy s latencí při přenosu pomocí bezdrátových technologií. Pro tento přenos lze v zásadě využít buď technologie Bluetooth, nebo point-to-point<sup>5</sup> připojení pomocí bezdrátové sítě. Důležitým faktorem pro realizaci takového spojení míra

<sup>4</sup>Jakékoliv zařízení, které je schopné reprodukovat zvuk, případně sestava umožňující reprodukci zvuku.

<sup>5</sup>Připojení realizované pouze jako linka mezi dvěma zařízeními.



Obrázek 6.2: Návrh aplikace s využitím nativních knihoven.

zmiňované latence. Pro dosažení co nejmenší latence způsobené samotným transportním protokolem by bylo vhodné využít UDP protokol. Zde je ale poměrně vysoká hrozba ztráty paketů obzvláště v prostředí s rozsáhlým výskytem elektronického šumu. Jako základní varianta byl tedy, pro svou spolehlivost, zvolen TCP protokol. Optimalizace síťové komunikace je dále řešena v kapitole 8.5. Možnosti syntézy jsou diskutovány v kapitole 6.4.

### 6.3.1 Komunikační protokol

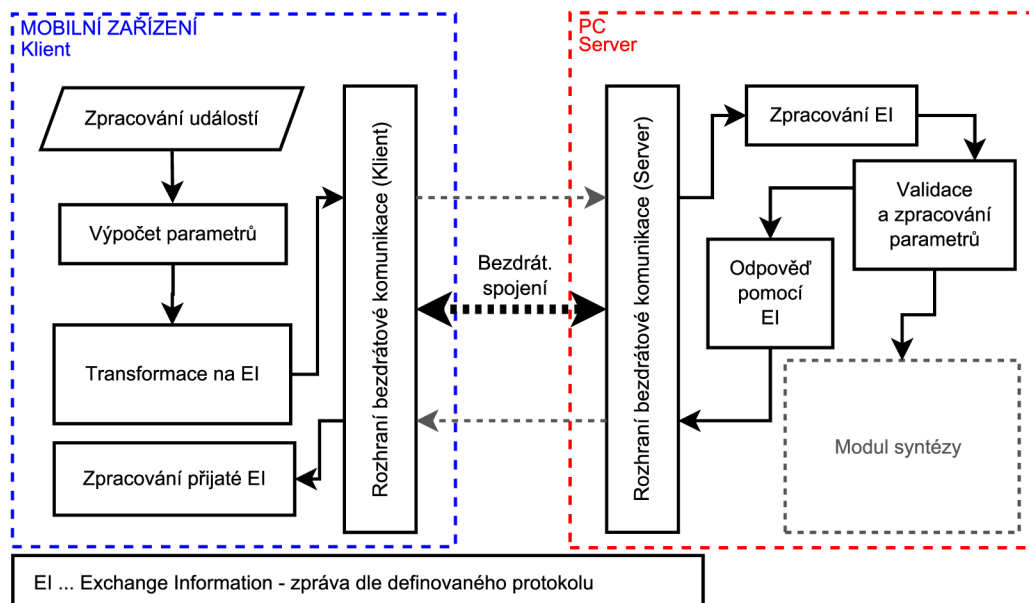
Pro účely bezdrátové komunikace je třeba definovat protokol přenosu dat. Jedná se o protokol aplikační vrstvy standardního TCP/IP modelu<sup>6</sup>. Pro vysoké nároky na rychlost zpracování informace a s tím související co nejmenší množství výpočtů pro zpracování nejsou zprávy nijak kódovány a jedná se o holý text<sup>7</sup>.

Komunikace mezi klientem a serverem je založena na standardním schématu dotaz-odpověď. Jedná se o posloupnost několika hodnot oddělených mezerou. Definovaný formát zprávy bez mezer je uveden na obrázku 6.4. První hodnota je osmibitové číslo<sup>8</sup>, její horní 4 bity jsou rezervovány pro typ zprávy, spodní čtyři bity jsou reprezentují zvolený kanál, na kterém je daný tón přenášen. V případě podpory zařízení více doteků současně je každý tón přenášen po zvláštním kanálu, v opačném případě lze implementovat podporu více klientů pro jeden server. Používané typy zpráv jsou uvedeny v tabulce 6.1.

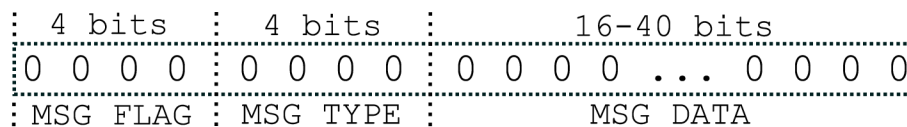
<sup>6</sup>Referenční model síťových vrstev, dostupný z [10].

<sup>7</sup>Z angl. plain-text. Znaky jsou uloženy jednotlivě bez jakéhokoliv formátování či kódování.

<sup>8</sup>Pro účely práce je číslo chápáno, pokud není uvedeno jinak, jako celé kladné číslo včetně nuly



Obrázek 6.3: Návrh aplikace typu klient-server



Obrázek 6.4: Formát zprávy vlastního protokolu aplikace

Kód zprávy	Akce	Vysvětlení
1001	Note On	Událost začátku noty. Vzniká při stisku klávesy.
1010	Note Change	Změna parametrů stisknutého tónu.
1100	Note Off	Konec přehrávání tónu, vzniká při puštění klávesy.
0101	Motion Event	Vzniká při změně náklonu mobilního zařízení.
0110	Parameter change	Změna parametrů syntézy.
0000	Keep Alive	Periodická zpráva pro udržování spojení

Tabulka 6.1: Přehled základních typů zpráv definovaného protokolu

Druhá část zprávy je vyhrazena pro příslušná data. Tato data i délka se zde liší v závislosti na typu zprávy. Například pro zprávy typu *Note On* nebo *Note Change* obsahuje datová část 3 hodnoty. Tyto hodnoty mají následující význam:

- 16 bitové číslo (short) - Výška tónu, reprezentovaná jako vzdálenost v centech<sup>9</sup> od referenčního tónu.
- 8 bitové číslo (unsigned char) - Intenzita tónu - přitlak. (V MIDI také definováno jako velocity/aftertouch).
- 8 bitové číslo (unsigned char) - Pozice tónu podél parametrizovatelné osy.

<sup>9</sup>Setina intervalu mezi dvěma půltóny

Ostatní zprávy obsahují obecně dvě datová pole, každé z nich reprezentované osmibitovým číslem a slouží především k přenosu nebo konfiguraci různých parametrů syntézy. Tyto proměnné mohou mít různý význam, záleží na typu zprávy. Pro přenos parametrů mají následující význam:

- 8 bitové číslo - Index parametru k nastavení.
- 8 bitové číslo - Hodnota pro nastavení parametru.

Kompletní definice všech zpráv komunikačního protokolu včetně délky jednotlivých polí je uvedena v příloze C.

## 6.4 Rozšíření Klient-Server aplikace

Základní verze Klient-Server návrhu počítá s implementací syntetizéru jako nativní součástí aplikace. Alternativou je využití dostupných technologií (viz 5) a tím rozšíření možností použití aplikace především v oblasti syntézy zvuku.

### 6.4.1 MIDI kontrolér

Prvním rozšířením aplikace je využití MIDI technologie, byť se použitím této technologie posouvá aplikace spíše do oblasti hudebních ovladačů, než samotných syntetizérů. Pro reálné použití takového nástroje by bylo třeba mít k dispozici jednak MIDI rozhraní a také zařízení, které umí na základě přijatých MIDI dat vytvářet zvuk. V současnosti ale existuje množství interních virtuálních MIDI rozhraní, které umožňují směřovat MIDI data mezi aplikacemi, což umožňuje použití této aplikace společně s profesionálními produkčními studii.

Z implementačního hlediska lze v takovém případě vypustit přímou podporu ASIO ovladačů, a není nutné řešit problematiku latence na výstupním zvukovém zařízení. Problematickou částí je značné omezení MIDI protokolem, které snižuje možnosti parametrizovatelnosti jednotlivých tónů, a to především u použití aplikace v multi-touch<sup>10</sup> módu.

### 6.4.2 VST host

Druhou, zajímavější variantou, je za pomoci VST technologie využít externích modulů syntézy. Vzhledem k faktu, že VSTi pluginů existuje celá řada, ať už placených či zdarma dostupných, nemělo by mít použití této technologie téměř žádný negativní vliv na výslednou použitelnost a složitost zprovoznění výsledného produktu. Naopak, díky rozšířenosti této technologie se aplikaci otevírají daleko širší možnosti, od syntézy elektronických zvuků až po simulaci reálných nástrojů.

Z pohledu implementace se jedná o poněkud složitější problematiku. Pro aspoň trochu rozumné použití je třeba implementovat podporu pro nízkolatenční ovladače ASIO, je třeba implementovat i celkovou synchronizaci zvuku a podporu pro VSTi moduly, případně i pro VST moduly. Co se týče samotné audio syntézy, není třeba se jí zabývat, o ni se postarají použité VSTi moduly.

Problematika nezávislé parametrizace jednotlivých tónů (viz sekce 6.2) lze potom řešit paralelním zapojením několika VST nástrojů na různých kanálech a selekcí jednotlivých kanálů na základě indexu události pohybu, resp. čísla použitého prstu<sup>11</sup> při detekci akce.

<sup>10</sup>Režim, kdy zařízení je schopno reagovat na více doteků současně.

<sup>11</sup>Prsty jsou indexovány podle pořadí příložených na dotykovou plochu zařízení. Indexy jsou při odebrání prstu nulovány, při podpoře deseti prstů dostane každý prst index v intervalu od 1 do 10.

## 6.5 Shrnutí

Jako nejlepší varianta se ukazuje využití návrhu typu klient-server s možností selekce modulů pro syntézu. Jako nejlépe použitelné moduly se jeví MIDI rozhraní a VST modul, především díky své flexibilitě a rozšíření těchto technologií v hudební sféře. Žádoucí je také implementovat aplikaci tak, aby šla v budoucnu snadno rozšířit o další syntetické moduly. Nabízí se tedy možnost unifikovaného rozhraní pro jednotlivé moduly a možnost výběru, případně možnost paralelního použití více modulů syntézy současně.

Tento výsledný návrh obsahuje dva problematické body, kde může vznikat latence. Konkrétně při bezdrátovém přenosu a potom při zvukové syntéze, resp. posílání dat na zvukový výstup. Pro eliminace tohoto negativního efektu bude ve všech případech, mimo MIDI rozhraní, potřeba využití ovladačů ASIO a zpracování síťových paketů na co nejnižší úrovni.

# Kapitola 7

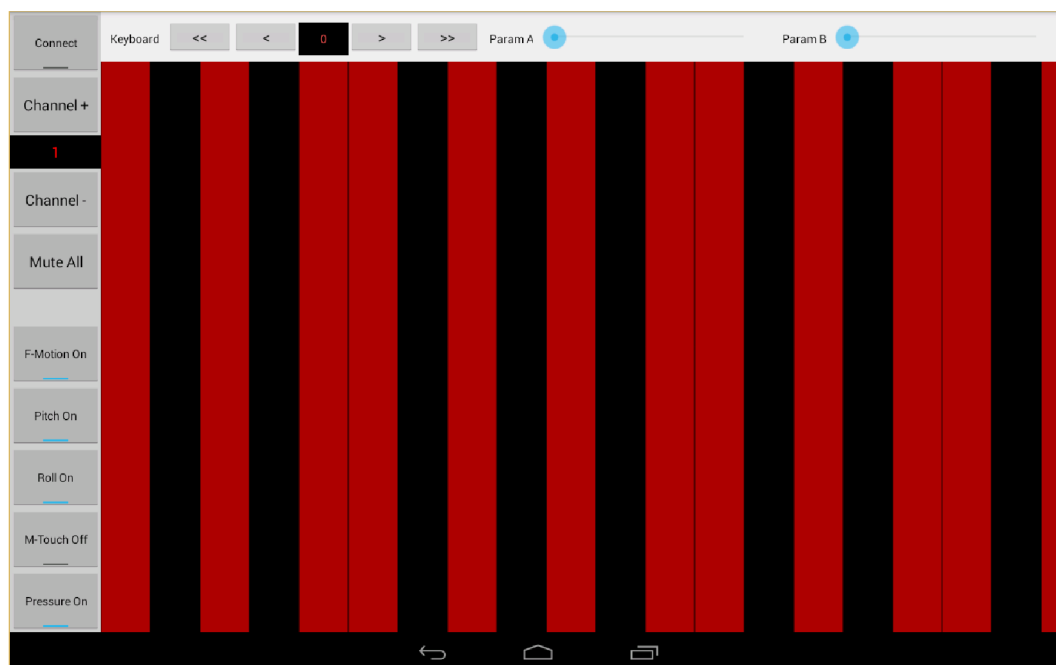
## Uživatelské rozhraní aplikace

Uživatelské rozhraní aplikace se zde dělí na dvě části - klientská a serverová část, přičemž obě části, kvůli možnostem parametrizace a plánované cílové skupině uživatelů, vyžadují přehledné ovládání, tedy grafické uživatelské rozhraní (dále jen GUI).

### 7.1 Uživatelské rozhraní - Klient

Jak již bylo zmíněno v úvodní kapitole, inspirací pro tuto aplikaci byl nástroj Continuum Fingerboard [5] od společnosti Haken Audio. Rozhraní aplikace je tedy nápadně podobné zmíněnému nástroji a přidává navíc možnost parametrizace vertikální osy a intenzity tlaku. Grafické rozhraní (viz obr. 7.1) aplikace je rozčleněno do několika sektorů.

#### 7.1.1 Hrací plocha



Obrázek 7.1: Grafické uživatelské rozhraní klientské části aplikace



Prvním sektorem je samotná hrací plocha. Chování této plochy se dá parametrizovat pomocí levého panelu nástrojů 7.1.

### 7.1.2 Funkce levého panelu

Hlavní funkce levého panelu spočívá v modifikaci způsobu chování pracovní plochy. Je zde však ještě jedno tlačítko (Connected/Disconnected), který slouží k vyvolání dialogu pro připojení/odpojení klienta od serveru. Ostatní tlačítka mají následující funkci:

- **Channel+** - Ovladač dostupný pouze v single-touch módu<sup>1</sup>, slouží pro zvýšení čísla kanálu pro přehrávání jednotlivých not (tento kanál pak může ovlivňovat barvu výsledného zvuku).
- **Channel-** - Ovladač dostupný pouze v single-touch módu, slouží pro snížení čísla kanálu. Mezi tímto a výše uvedeným tlačítkem se nachází displej s aktuálním číslem kanálu.
- **Mute All** - Tlačítko pro zrušení všech aktuálně přehrávaných not. Důvodem přidání tohoto tlačítka bylo občasné uváznutí některých tónů (viz sekce 9.2.1)
- **F-Motion On/Off** - Přepínač sloužící k aktivaci/deaktivaci změny tónu na základě pohybu prstu po dotykové ploše.
- **Roll On/Off** - Přepínač sloužící k aktivaci senzorů pohybu zařízení kolem vertikální osy<sup>2</sup> (dopředu - dozadu), v případě stavu vypnuto je pohyb kolem této osy ignorován a je nastavena středová hodnota (viz sekce 7.1.4)
- **Pitch On/Off** - Přepínač určený k aktivaci senzorů pohybu kolem horizontální osy<sup>3</sup> (doleva - doprava). Princip funkčnosti je stejný jako u předchozího přepínače.
- **M-Touch On/Off** - Přepínač sloužící pro volbu mezi single-touch a multi-touch módem ovládání aplikace. V případě volby single-touch módu (M-Touch Off) je aktivována i dříve zmíněná volba kanálu.
- **Pressure On/Off** - Zapnutí/Vypnutí detekce tlaku. V případě vypnuté detekce je místo údaje o tlaku poslán údaj o vertikální poloze prstu v rámci hrací plochy.

Původní návrh obsahoval pouze některé z těchto přepínačů<sup>4</sup>, avšak na základě poznatků z provedených experimentů (viz sekce 9.2) byly přidány i ostatní ovladače.

### 7.1.3 Horní panel

Horní panel je rozdělen na dvě části, První část slouží k posunování pracovní plochy, potažmo k transpozici hraných tónů. Pro posunutí plochy jsou k dispozici čtyři tlačítka s funkcí posunutí o oktávu/tón dolů/nahoru. Pro lepší orientaci je k dispozici i ukazatel aktuálního

---

<sup>1</sup>V multi-touch módu je každý tón, resp. každý položený prst na hrací ploše poslán přes samostatný kanál, čímž lze, při správné implementaci MIDI protokolu, ovládat jednotlivé parametry pro každý tón zvlášť.

<sup>2</sup>Tento pohyb je taky často nazýván „Roll“ pohybem.

<sup>3</sup>Takový pohyb je často také nazýván „Pitch“ pohybem.

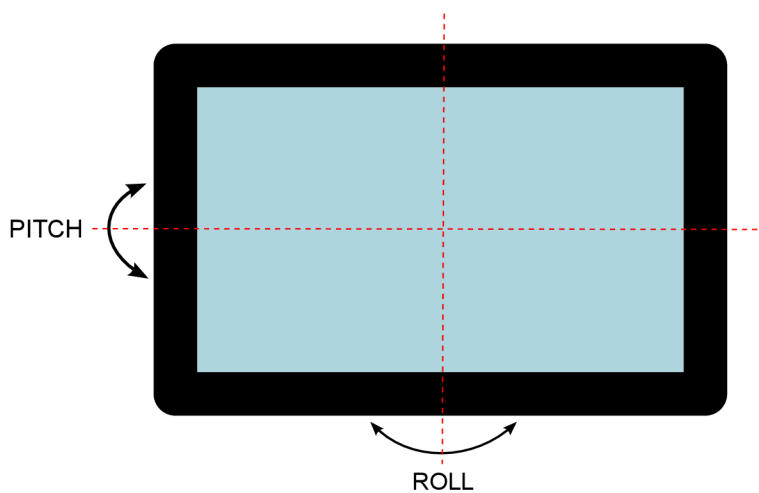
<sup>4</sup>Původní návrh obsahoval pouze ovladače pro změnu kanálu a přepínač pro detekci tlaku, ovladače pro detekci polohy zařízení byly sloučeny v jeden.

posunu oproti standardní poloze. Interval posunutí je stanoven na 36 půltónů oběma směry, tedy 3 oktávy níže/výše.

Druhá část obsahuje dva posuvníky určené k ovládní zvolených parametrů syntézy. Přiřazení jednotlivých parametrů je plně v režii uživatele. Změnou polohy každého z posuvníků lze tak ovládat jakýkoliv dostupný parametr.

#### 7.1.4 Senzory polohy

Ovládní, resp. modifikace výsledného zvuku lze také dosáhnout pomocí natočení zařízení vůči zemské ose. Aplikace detekuje dva základní pohyby, které jsou v odborné terminologii nazývány Roll a Pitch (viz obr. 7.2).



Obrázek 7.2: Terminologie názvů jednotlivých pohybů

Pohyb Roll je pevně svázán s událostí Pitch Bend (viz sekce 5.3). Minimální/maximální hodnoty lze dosáhnout natočením tabletu o  $60^\circ$  doleva/doprava oproti původní vodorovné poloze. Změnou tohoto parametru lze dosáhnout plynulé modulace tónu o určitý interval<sup>5</sup> nahoru/dolů.

Pohyb Pitch je parametrizovatelný a lze k němu přiřadit jakýkoliv MIDI parametr. Krajních hodnot lze dosáhnout natočením přístroje o  $\pm 45^\circ$  oproti vodorovné poloze. Volba a přiřazení parametru je prezentována v další kapitole.

Reakce na tyto pohyby lze vypnout, přepínače pro jednotlivé osy jsou popsány a vysvětleny v kapitole 7.1.2.

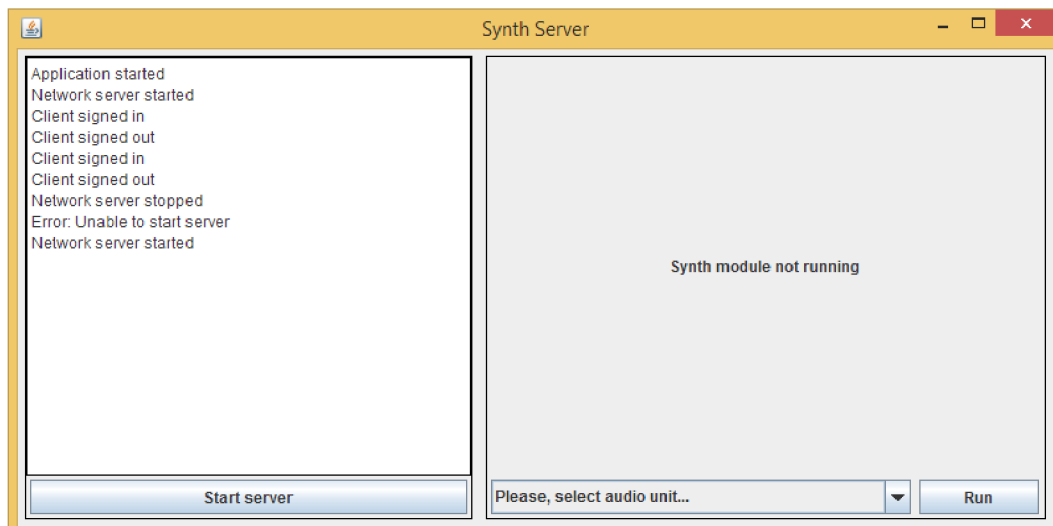
## 7.2 Uživatelské rozhraní - Server

Oproti původnímu plánu, kdy byl server koncipován jako konzolová aplikace, došlo k několika změnám a byly přidány další možnosti parametrizace. Bylo tedy žádoucí implementovat grafické uživatelské rozhraní serveru (viz sekce 7.3).

Toto rozhraní se dělí na dvě části. Levá část obsahuje okno pro výpis důležitých událostí<sup>6</sup> a tlačítko pro aktivaci/deaktivaci síťového rozhraní.

<sup>5</sup>Velikost intervalu je záležitost modulu syntézy, nastavení tohoto intervalu lze provést zprávou o změně parametru #6.

<sup>6</sup>Zapnutí/Vypnutí síťového rozhraní, Připojení/Odpojení klienta, Výjimky.

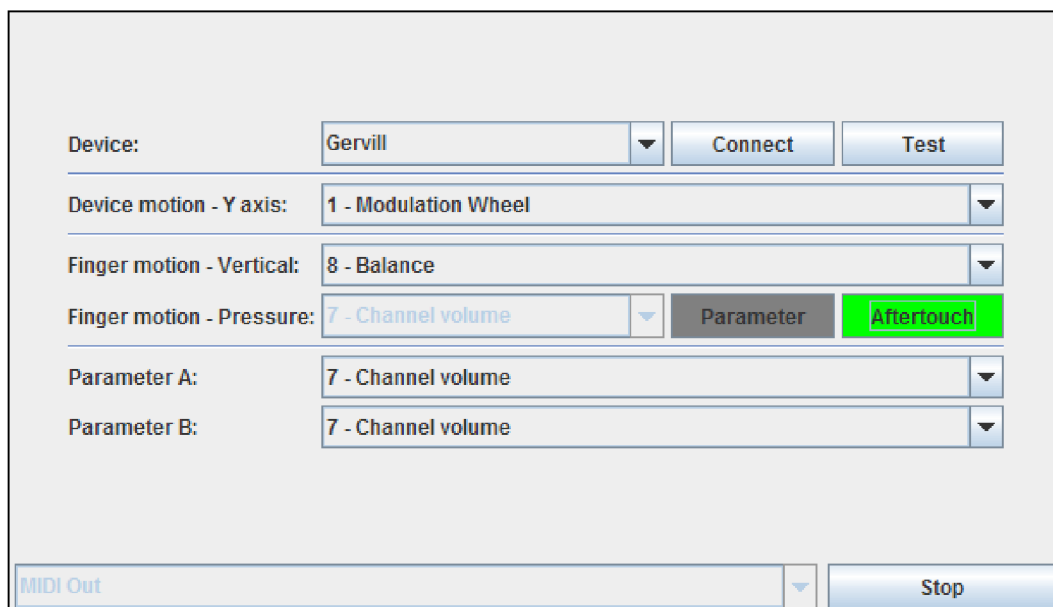


Obrázek 7.3: Grafické uživatelské rozhraní serveru.

Pravá část je proměnlivá v závislosti na aktuálně používaném modulu syntézy (dále jen syntetizér). Ve spodní části se nachází ovladače pro volbu a přepínání mezi jednotlivými syntetizéry.

### 7.2.1 MIDI Modul

Jediným dosud implementovaným zásuvným modulem je MIDI rozhraní. GUI tohoto modulu (viz obr. 7.4) je rozčleněno do několika skupin podle funkcionality.



Obrázek 7.4: Nastavitelné parametry MIDI rozhraní.

První skupina ovladačů slouží k výběru a testování aktivity zvoleného zařízení. Druhá skupina voleb je určena k volbě a přiřazení MIDI parametru (viz. 5.5) k události

náklonu zařízení podél vertikální osy.

Třetí skupina slouží k volbě parametrů ovládaných posuvem prstů podél vertikální osy a změnou přítlaku prstů. Vzhledem ke zjištěným skutečnostem ohledně variability chování různých aplikací na jednotlivé zprávy, byla pro přítlak přidána volba pro použití Aftertouch zpráv místo nastavování parametrů.

Poslední skupina ovladačů slouží k přiřazení čísel parametrů dvěma posuvníkům, které jsou umístěny v horním panelu klienta.

## Kapitola 8

# Implementace a optimalizace

Tato kapitola je věnována samotné implementaci produktu, jeho výsledné architektuře a následné optimalizaci některých kritických bodů. Jsou zde uvedeny i některé problémy s implementací a důsledky těchto problémů.

### 8.1 Implementační jazyk a prostředí

Pro implementaci klientské části aplikace bylo použito standardních prostředků jazyka Java pro Android [7], díky zvolené architektuře nebylo třeba implementovat žádné součásti nativně. Cílová, a tedy zároveň testovací platforma byla zvolena Android 4.1 - Jelly Bean.

Pro implementaci serverové části byl, díky své dobré interoperabilitě se zařízeními typu Android, zvolen jazyk Java SE. Dalším důvodem pro zvolení tohoto jazyka byla i presence prostředků pro práci s MIDI rozhraním, nebylo tedy třeba pro tyto účely využívat speciálních knihoven.

### 8.2 Použité knihovny a moduly

Pro implementaci jádra aplikace byly využity pouze standardní vývojové nástroje a nebyly využity žádné speciální knihovny.

Pro implementaci VST modulu bylo vyzkoušeno několik knihoven pro práci s VST nástroji, žádnou z nich se však nepodařilo zprovoznit natolik, aby mohla být použita. Jednalo se o tyto knihovny:

- **jVSTHost**<sup>1</sup> - specializovaná knihovna pro hostování VST/VSTi pluginů, vydané pod licencí GNU LGPL. I přes rekompilaci jádra knihovny<sup>2</sup> se však nepodařilo modul uvést do stavu, kdy by byl schopen spolupracovat s externími VST syntetizéry.
- **jVSTwRapper** - rozhraní pro použití vývojových prostředků firmy Steinberg v jazyce Java.

Pro zprovoznění podpory technologie VST bude s vysokou pravděpodobností nutné provést kompletní reimplementaci serverové části aplikace do jiného jazyka. Za nejlepší volbu lze pokládat implementaci v jazyce C/C++ s využitím vývojových balíčků VST SDK [18].

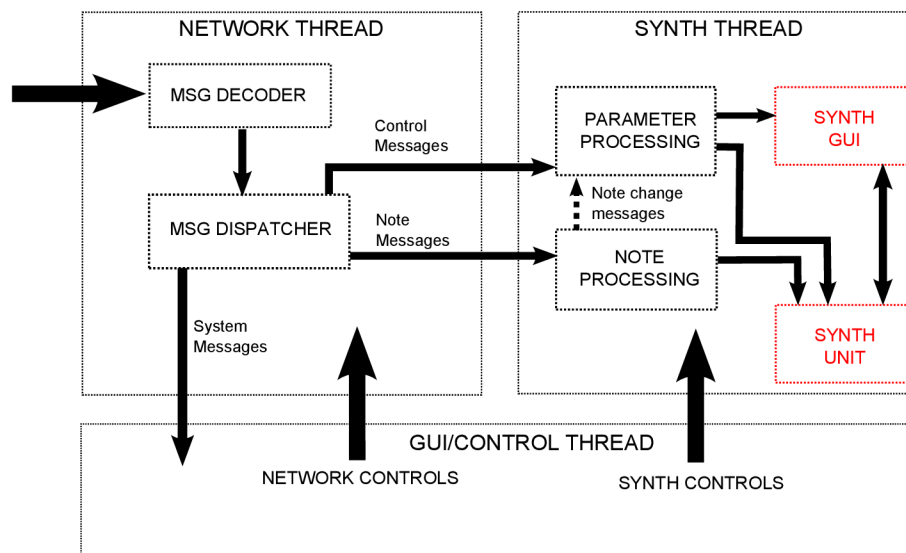
---

<sup>1</sup>Knihovna je dostupná ze stránek <https://github.com/mhroth/jvsthost>

<sup>2</sup>Jádro knihovny je napsáno v jazyce C a využívá balíček VST SDK verze 2.4 [18].

## 8.3 Architektura serveru

Aplikace serveru byla, dle návrhu, koncipována tak, aby byla snadno rozšiřitelná, resp. aby se případné další moduly daly bez větších obtíží přidat. Zjednodušené schéma serverové aplikace je na obrázku č. 8.1. Funkčnost červeně vyznačených částí je plně závislá na použitém modulu syntézy, tyto části se tedy funkcionalitou i grafickým uživatelským rozhraním výrazně liší.



Obrázek 8.1: Blokové schéma serverové části aplikace.

Komunikační port mezi klientem a serverem byl stanoven na 6779. Do budoucna bude pravděpodobně žádoucí nechat volbu portu na uživateli. Otázkou ale zůstává, jestli by volba tohoto parametru nebyl spíše pro uživatele spíše matoucí.

### 8.3.1 Typy zpráv

V závislosti na významu a použití jednotlivých zpráv definovaných v přenosovém protokolu (viz 6.3.1) lze tyto zprávy rozdělit do 3 základních skupin:

- **Systémové zprávy** (System messages)
- **Zprávy o změně tónu** (Tone messages)
- **Zprávy o parametrech** (Control messages)

Systémové zprávy slouží výhradně pro řízení připojení mezi klientem a serverem. Do této skupiny patří zprávy pro udržování spojení (Keep Alive), připojení (Sign In) a odpojení klienta (Sign Out).

Skupina Tone Messages obsahuje požadavky týkající se začátku (Note On), změny (Note Change) a konce (Note Off) přehrávání jednotlivých not. V závislosti na nastavení jednotky syntézy mohou tyto zprávy generovat i požadavky pro nastavení parametrů.

Poslední skupinu zpráv tvoří požadavky týkající se nastavení jednotlivých parametrů syntézy, resp. komunikace s externím syntetickým modulem. Patří sem i události o změně náklonu zařízení.

### 8.3.2 MIDI rozhraní

Implementace MIDI rozhraní se zde, oproti běžné implementaci MIDI vysílače, poněkud liší. Standardní přístup implementace počítá s přehráváním jednoho nástroje na jednom kanálu. Tato implementace ovšem neumožňuje separátní kontrolu nad parametry jednotlivých tónů, parametry lze měnit pouze pro celou skupinu tónů zároveň.

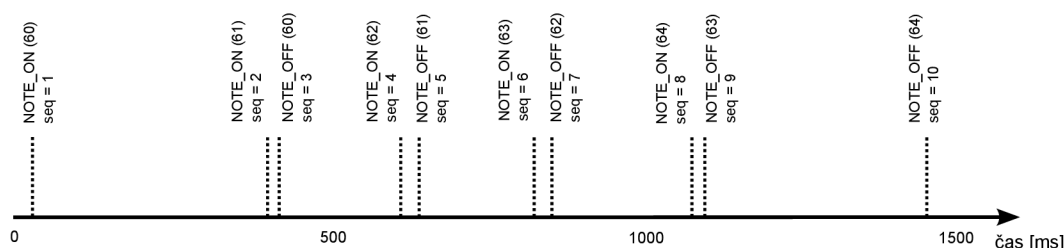
Aby bylo možno dosáhnout kontinuální změny některých parametrů zvláště pro každý tón<sup>3</sup> (každý položený prst na hrací ploše), je nutné posílat jednotlivé tóny po různých kanálech.

Událost změny hlasitosti jednotlivých tónů byla původně realizována pomocí tzv. Aftertouch zpráv (více o těchto zprávách je uvedeno v kapitole 5.3. Na základě výsledků provedeného testování bylo implementováno rozšíření, které umožňuje volbu způsobu přenosu těchto zpráv (viz sekce 7.2.1).

#### Změna výšky tónu

V MIDI standardu je definována pouze jediná možnost pro ohýbání<sup>4</sup> tónu a tím je tzv. pitch-bend. Změny tohoto parametru lze dosáhnout pomocí náklonu zařízení, proto je použití tohoto parametru pro zmíněný účel nevhodné.

Z tohoto důvodu byla implementována varianta, kdy je zpráva o konci původního tónu zasílána až po informaci o začátku tónu po posuvu (viz obr. 8.2). Aby nedošlo k záměně jednotlivých událostí, byla implementována i podpora časových razítek, kdy každá zasílaná zpráva má své sekvenční číslo<sup>5</sup>.



Obrázek 8.2: Příklad pořadí zasílaných zpráv při změně výšky tónu.

Touto relativně jednoduchou změnou v posloupnosti MIDI zpráv lze dosáhnout efektu zvaného legato<sup>6</sup> a částečně se tak přiblížit efektu plynulé změny frekvence.

### 8.3.3 VST rozhraní

Kvůli zmíněným problémům s implementací a uvedením do provozu zmíněných knihoven nebyl tento modul dosud implementován.

<sup>3</sup>Tento problém je pochopitelně třeba řešit pouze při zapnuté podpoře více doteků současně.

<sup>4</sup>Výraz pro plynulou změnu frekvence tónu.

<sup>5</sup>Tento mechanismus se využívá nejčastěji společně s použitím MIDI sekvenceru, kdy se pomocí těchto razítek dají jednotlivé noty časovat. Způsob, jakým jsou tato razítka použita v práci není tolik častý, avšak použití tohoto mechanismu se eliminovaly některé zvukové vady v syntetizovaném zvuku.

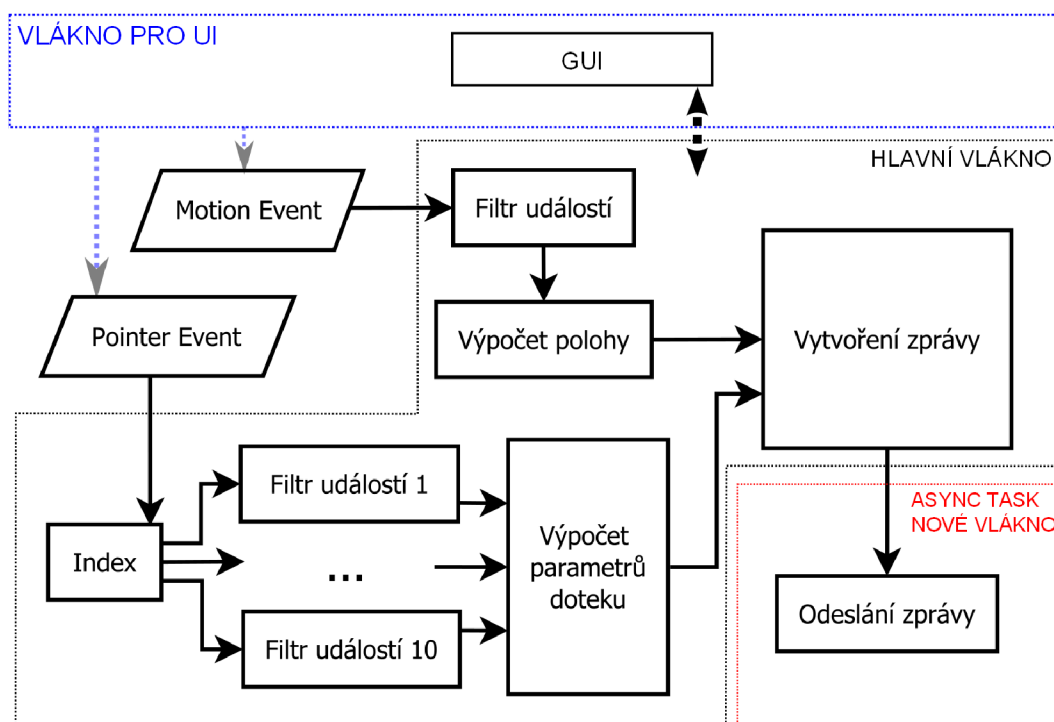
<sup>6</sup>Z hudební terminologie, způsob hry, kdy se jednotlivé noty navazují na sebe.



## 8.4 Architektura klientské části aplikace

Klientská aplikace byla implementována podle původního návrhu s několika změnami. Tyto změny jsou především důsledkem různých restrikcí operačního systému Android. Schéma aplikace je zobrazeno na obrázku č. 8.3.

Asi nejdůležitější změnou je přístup k síti asynchronně z nového vlákna, restrikce systému Android totiž zakazují přístup k síti z hlavního aplikačního vlákna. Hlavní výhodou tohoto přístupu je fakt, že realizace síťové komunikace tímto způsobem je neblokující. Nevýhodou je potenciální zpoždění způsobené režii pro vytvoření nového procesu, potažmo jeho implicitně nižší prioritou. Aby se alespoň částečně redukovalo tohle zpoždění, je všem procesům pro práci se sítí explicitně nastavována vyšší priorita.



Obrázek 8.3: Zjednodušené schéma funkčnosti implementované aplikace klienta.

Za zmínku stojí filtry událostí. Tyto filtry se skládají ze dvou základních částí, přičemž první část využívá mechanismus časových razítek a její implementace je důsledkem optimalizační fáze (viz sekce 8.5) a druhá část<sup>7</sup>, která slouží pro eliminaci změn způsobených nepatrnými pohyby nebo chybou senzorů.

*Pozn.: Pro eliminaci potenciálních chyb senzorů polohy byla původně uvažována možnost použití časovačů (viz sekce 4.4), vzhledem k dostatečně spolehlivému chování těchto senzorů však nebylo třeba tuto součást implementovat.*

<sup>7</sup>Tento mechanismus je podrobněji rozebrán v kapitole 4.2.



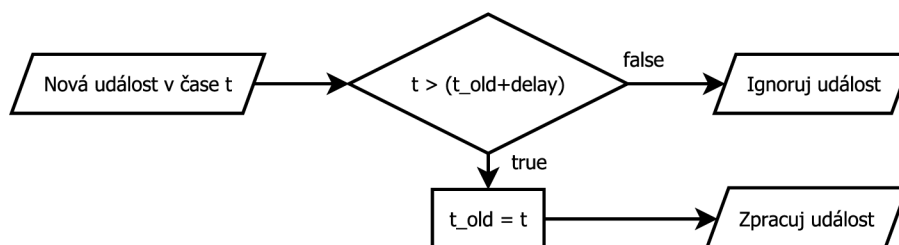
## 8.5 Optimalizace

Téměř nezbytným krokem pro uvedení aplikace do funkčního stavu byla optimalizace některých součástí, jejichž původní implementace způsobovala problémy v oblasti odezvy a zbytečně zvyšovala náročnost.

## 8.6 Redukce detekovaných událostí

Mezi hlavní problémy patří, mimo jiné, přebytek detekovaných událostí. Zjednodušeně řečeno, není bezpodmínečně nutné detekovat pohyby prstů zařízení, které nebudou mít na výsledný zvuk příliš velký vliv. To stejné platí i o změně polohy zařízení<sup>8</sup>. Z tohoto důvodu je vhodné definovat minimální časový interval, kdy může stejná událost znova nastat.

Jedním z možných řešení tohoto problému bylo použití časových razítek. Princip funkčnosti tohoto mechanismu je vysvětlen na schématu 8.4.



Obrázek 8.4: Mechanismus redukce detekovaných událostí

Aby nedocházelo k nežádoucímu ovlivnění jednotlivých typů událostí mezi sebou, a především, aby nedošlo k zahození důležitých událostí typu „Note On/Off“, byly tyto filtry aplikovány pouze na následující události:

- Události náklonu zařízení podél horizontální nebo vertikální osy.
- Události posunu položených prstů po hrací ploše.

V případě zapnutého režimu multi-touch je filtr aplikován pro každý kanál (dotek) zvlášť, nedochází proto k vzájemnému ovlivňování akceptovatelnosti změn u jednotlivých tónů.

## 8.7 Snížení doby odezvy

Druhým, velice významným, problémem aplikace je relativně vysoká odezva mezi stiskem klávesy a reprodukcí požadovaného zvuku. Tato odezva je způsobená, mimo jiné, koncepcí programovacího jazyka Java pro Android. V tomto ohledu by bylo možné redukovat celkovou latenci implementací některých součástí klientské aplikace nativně s použitím vývojového balíku Android NDK [8]. Tato implementace však dosud nebyla realizována.

<sup>8</sup>Tento mechanismus je částečně nastíněn v kapitole 4.2.

### 8.7.1 Optimalizace síťové komunikace

Úzkým hrdlem konceptu aplikace je také síťová komunikace. Původní návrh uvažuje komunikaci implementovanou nad standardním protokolem TCP. Obrovskou výhodou tohoto protokolu je prakticky nulová ztrátovost paketů, tedy jeho spolehlivost. Slabým místem je vysoká režie pro realizaci spojení a posílání dat.

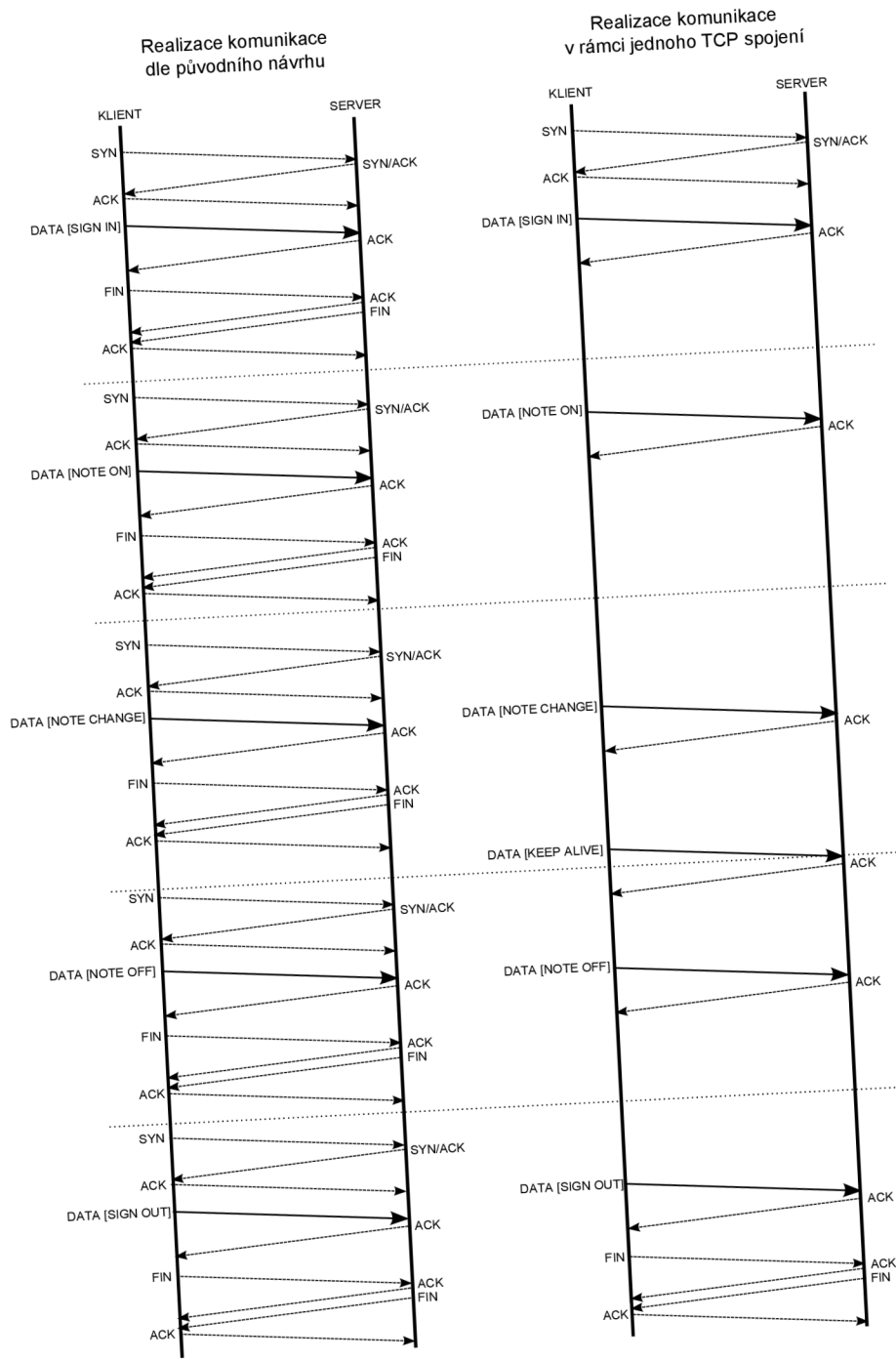
Alternativou pro tuto implementaci je využití nespojované služby - realizace síťové komunikace nad síťovým protokolem UDP. Tímto lze snížit odezvu na minimum. Nevýhodou je naopak značné snížení spolehlivosti přenosu, což je zvláště pro „NoteOff“ zprávy (viz sekce 5.4.3) kritické.

Jako spolehlivá a relativně rychlá varianta se jeví realizace přenosu v rámci jediného spojení nad transportním protokolem TCP. Výsledky testů komunikace všech tří protokolů v různých podmínkách jsou uvedeny v kapitole 9.1.1.

Na schématu (viz obr. 8.5) je uvedeno porovnání mezi původní implementací a implementací po optimalizaci. Příklad znázorňuje posloupnost událostí v následujícím pořadí:

- Připojení klienta k serveru
- Stisk klávesy (Přiložení prstu na hrací plochu)
- Změna parametrů tónu (Posunutí prstu po hrací ploše, případně změna tlaku)
- Puštění klávesy (Odebrání prstu z hrací plochy)
- Odpojení klienta od serveru

Je zde patrná výrazná redukce zpráv určených pro správu tohoto připojení. Jelikož se ale jedná o realizaci v rámci jediného spojení, je nutné toto spojení udržovat. Proto byla zavedena periodická zpráva „Keep Alive“ (viz sekce 6.3.1), která je zasílána každých 5 sekund.



Obrázek 8.5: Jednoduchý princip zahazování zpráv s využitím časových razítek.

## Kapitola 9

# Testování a Vyhodnocení

Pro tuto práci probíhalo testování v několika fázích. První fáze byla určena především pro odladění některých neduhů spojených primárně s vyšší odezvou aplikace, další fáze byly soustředěny především na reálnou použitelnost aplikace a reference ze strany potenciálních uživatelů.

### 9.1 Automatické testy

Automatizované testy byly prováděny již během implementační fáze vývoje aplikace a jejich výsledky byly poté reflektovány v prováděných optimalizacích (viz sekce 8.5).

#### 9.1.1 Síťová komunikace

Tato testovací etapa byla zaměřena na zjišťování parametrů jednotlivých typů přenosů diskutovaných v kapitole 8.7.1. Výsledky testů potom sloužily jako podklady pro optimalizaci aplikace.

Testovány byly celkem 3 druhy přenosů. Předmětem testování byla ztrátovost paketů a celkový čas potřebný pro přenesení paketu. Vzhledem ke skutečnosti, že se jedná o bezdrátový přenos, byly experimenty prováděny v několika různých prostředích, aby bylo alespoň částečně simulovány reálné podmínky, kterým bude aplikace během používání vystavena.

Testování probíhalo v následujících prostředích:

- Prostředí 1 - Propojení přes lokální bezdrátovou síť s nízkým provozem na síti, malé množství elektronického šumu.
- Prostředí 2 - Propojení bezdrátově přes lokální síť firmy, běžný síťový provoz, běžné množství elektronického šumu.
- Prostředí 3 - Point-to-point spojení s nízkým provozem na síti, koncertní sál, vysoká míra elektronického šumu.

Z výsledků jednotlivých testů (viz tabulky 9.1 a 9.2) lze usoudit, že nejlepší variantou z uvedených je využít variantu přenosu dat nad persistentním TCP spojením, která nabízí nulovou ztrátovost a relativně přijatelné zpoždění.

Variantou je i využití UDP přenosu s duplikací důležitých paketů, čímž by se dalo do určité míry předejít ztrátám důležitých informací. Pro použití této varianty je nutný předpoklad, že se pakety ztrácí víceméně náhodně a nedochází příliš často ke ztrátám sekvencí

	TCP přenos	TCP přenos s persistentním spojením	UDP přenos
Prostředí 1	33ms	14ms	9ms
Prostředí 2	62ms	20ms	14ms
Prostředí 3	66ms	23ms	10ms

Tabulka 9.1: Průměrná doba posílání jedné zprávy v různých prostředích v závislosti na použitém protokolu

	TCP přenos	TCP přenos s persistentním spojením	UDP přenos
Prostředí 1	0%	0%	3,1%
Prostředí 2	0%	0%	17,1%
Prostředí 3	0%	0%	43,8%

Tabulka 9.2: Naměřená ztrátovost paketů v různých prostředích při použití různých protokolů

několika paketů za sebou. Pro ověření této podmínky byla provedena další analýza naměřených dat, kdy byly vyhledávány chybějící sekvence paketů. Výsledky jsou zaznamenány v tabulce 9.3.

Na základě těchto výsledků lze konstatovat, že použití samotného UDP protokolu je pro tuto aplikaci nevhodné. Alternativou k zamyšlení je využití některého z protokolů vyšší vrstvy, který je nad UDP vystavěn a je určen pro streaming dat.

### 9.1.2 MIDI rozhraní

Cílem této testovací fáze bylo zjistit míru ztráty paketů při přenosu MIDI informace. Tato ztrátovost je ovlivněna především množstvím přenesených paketů za sekundu, tedy čím větší množství informací přenesených v určitém časovém intervalu, tím větší potenciální ztrátovost. Pro potřeby testování MIDI výstupního rozhraní a validity zpráv byla použita aplikace MIDI OX<sup>1</sup>.

Princip tohoto testu spočíval v automatizované simulaci reálného chování zařízení - klienta. Jelikož se ukázalo v předchozím testu (viz 9.1.1), že v síťové komunikaci sice nedochází ke ztrátám, avšak může docházet k různému zpoždění, byly zprávy generovány přímo aplikací serveru.

Jako volitelný parametr bylo zvoleno zpoždění mezi odesláním jednotlivých paketů. Bylo provedeno několik testů s různým nastavením tohoto parametru, výsledky jsou zaznamenány v tabulce 9.4

Z těchto výsledků je patrné, že je třeba omezit tok dat tak, aby byla ztrátovost<sup>2</sup> mini-

<sup>1</sup> Aplikace pro sledování zpráv na MIDI rozhraní, dostupná z <http://www.midiox.com/>.

<sup>2</sup> Procentuální podíl ztracených nebo poškozených paketů

	Počet zaslaných paketů	Počet ztracených paketů	Ztracené sekvence 3 a více paketů	Ztracené sekvence 5 a více paketů
Prostředí 1	1000	31	1	0
Prostředí 2	1000	171	8	1
Prostředí 3	1000	438	31	13

Tabulka 9.3: Výsledky analýzy ztracených paketů při použití UDP protokolu.

Interval	Zaslané pakety	Zpracované pakety	Ztrátovost
1ms	1000	939	7,1%
2ms	1000	965	3,5%
5ms	1000	986	1,4%
10ms	1000	994	0,6%
20ms	1000	999	0,1%
50ms	1000	1000	0%

Tabulka 9.4: Výsledky testování chybovosti MIDI komunikace v závislosti na toku dat

mální, ale zároveň, aby propustnost nebránila korektnímu chování aplikace. Optimalizace, resp. redukce paketů je diskutována v kapitole 8.5.

## 9.2 Uživatelské testy

Tato testovací fáze byla zaměřena na detekci a případné odstranění problémů, které by mohly bránit v běžném použití. Testování bylo soustředěno především na možnost parametrizace a spolupráci s různými programy. Velký důraz byl proto kladen na správnou detekci jednotlivých událostí a korektnost zasílaných zpráv MIDI rozhraním serverové části aplikace.

Vzhledem ke zmíněné šíři možností využití MIDI rozhraní (viz sekce 5.3) byly v testech použity jak softwarové syntetizéry, tak i externí hardwarové moduly. Pro směřování MIDI zpráv v rámci jednoho počítače, i pro komunikaci byla využita zvuková karta FastTrack Pro od společnosti M-Audio<sup>3</sup>.

První část zahrnovala testování aplikace spolu s těmito softwarovými produkty:

- **MinimogueVA**<sup>4</sup> - Stand-alone<sup>5</sup> syntetizér emulující chování jednoho z nejznámějších syntetizérů - Mini Moogu
- **FL Studio 11 Demo**<sup>6</sup> - Profesionální produkční studio s MIDI rozhraním a podporou VST technologie.
- **Miroslav Philharmonik Demo**<sup>7</sup> - VST nástroj zaměřený na zvuky orchestru a chorálu.
- **Poizone** - VST Syntetizér dodávaný společně s produktem FL Studio, existuje i stand-alone verze.

Druhá část zahrnovala testování funkčnosti aplikace spolu s hardwarovými syntetizéry, pro účely testování byly využity tyto produkty:

- **Clavia Nord Stage EX**
- **Roland RD300**

<sup>3</sup>Pro směřování dat v rámci jednoho počítače lze také použít virtuální MIDI porty od různých výrobců.

<sup>4</sup>Aplikace je volně stažitelná z <http://www.kvraudio.com/product/minimogueva-by-voltkitchen/details>.

<sup>5</sup>Samostatná aplikace, která nepotřebuje žádnou hostitelskou aplikaci ke svému spuštění.

<sup>6</sup>Komerční aplikace, pro více informací viz <http://www.image-line.com/flstudio/>.

<sup>7</sup>Komerční aplikace, více informací na adrese <http://www.ikmultimedia.com/products/philharmonik/>.

### 9.2.1 Důležité poznatky

Asi nejdůležitějším a nejméně příjemným zjištěním je fakt, že pouze menšina aplikací má implementováno MIDI rozhraní tak, aby bylo schopno rozeznávat jednotlivé kanály a tím jim i správně přiřazovat jednotlivé zprávy. Tento neduh se naštěstí projevuje jen při zapnutí podpory více dotyků najednou, kdy změna parametrů jednoho kanálu (posun jednoho prstu) přímo ovlivní parametry ostatních kanálů.

U kompletnosti podpory MIDI technologie ještě chvíli zůstaneme, často lze narazit na skutečnost, že aplikaci/zařízení chybí podpora některých zpráv, nejčastěji se jedná o „Aftertouch“ zprávy, nebo o zprávy určené pro nastavování parametrů nástroje.

Na základě těchto poznatků byl modifikován levý panel klientské části aplikace (viz sekce 7.1.2) a byly přidány možnosti volby parametrizace u serverové části.

Zřídka se vyskytujícím, avšak podstatným jevem bylo i tzv. uváznutí tónu. Tento problém se projeval nejčastěji v multi-touch módu, kdy po odebrání všech prstů z obrazovky jeden tón pořád zněl. Tento jev se podařilo během optimalizační fáze z velké části eliminovat, avšak pro jistotu bylo na klientovi implementováno tlačítko pro zastavení přehrávání všech tónů.

Pozitivním zjištěním je míra rozšiřitelnosti a možnosti použití. Právě možnost parametrizace dává uživateli široké možnosti použití a závisí jen na použitém modulu syntézy, potažmo na externím syntetizéru, do jaké míry tyto možnosti omezí.

## 9.3 Názor veřejnosti

Velmi důležitou součástí testování bylo hodnocení aplikace ze strany potencionálních zájemců. Do tohoto beta-testu byli vybíráni účastníci primárně z řad muzikantů. Do průzkumu bylo zapojeno ale i několik lidí z řad nemuzikantských.

### 9.3.1 Průběh testů

Vzhledem k poměrně složitému způsobu použití a časté neznalosti některých technologií, jež aplikace využívá, probíhaly testy na zařízeních, na nichž byla aplikace implementována, testování tedy probíhalo v mé přítomnosti. Testeři měli aplikaci k dispozici, mohli si ji vyzkoušet a poté byli vyzváni o zodpovězení několika otázek zaměřených jak na celkový pocit z ovládání a konceptu aplikace, tak na případné nedostatky a požadovaná rozšíření. Otázky zněly takto:

- Jak na Vás působí koncept ovládání nástroje dálkově z mobilního zařízení?
- Dokážete si představit využití takového nástroje např. na koncertě?
- Myslíte si, že by takové využití mělo kladný dopad na celkový projev muzikanta?
- Které vlastnosti aplikace byste chtěl změnit nebo vylepšit?
- Napadne vás nějaké rozšíření, které by tomuto produktu mohlo zvednout popularitu?

### 9.3.2 Výsledky testování

Celkem bylo dotázáno 20 lidí, z toho 16 z řad muzikantů. Své vyjádření zaslalo 14 lidí. Někteří respondenti si přáli zůstat v utajení, jejich jméno proto není uvedeno. Veškeré názory jsou v plném znění k dispozici v příloze E.



## Hodnocení koncepce zařízení a potenciál využití

Většina dotázaných se shoduje na tom, že je to zajímavý a svým způsobem originální koncept. „*Hudebních aplikací pro mobily jsou na trhu mraky, nikdy jsem se ale neviděl takový přístup. Málokterý nástroj má takové možnosti.*“, uvedl pan Rudolf H.

Lze však pozorovat určitou averzi především u starší generace muzikantů, přičemž tato averze není vůči samotné aplikaci, ale obecně vůči použití jakýchkoliv prostředků moderní techniky v hudební sféře. Otázkou zůstává, zda tato averze opravdu pramení z nevhodnosti takových produktů, nebo z neochoty učit se novým věcem. „*Nevím, proč bych měl používat elektroniku a učit se s ní pracovat, když je na světě tolik krásných hudebních nástrojů.*“

Daleko pozitivněji vidí využití této aplikace mladší generace muzikantů. „*Na mě tento nápad nepůsobí nijak špatně - náhradu hudebního nástroje tabletem nevnímám jako nějaké kacířství. Hudební nástroj je podle mě přesně tím, co si nese v názvu - nástrojem k dosažení něčeho, v tomto případě zvuku.*“, uvedl pan Stanislav Svačinka. Obecně lze tedy říci, že se opět potvrdil předpoklad, že mladší generace je daleko přístupnější inovacím. „*Koncept programu jde dle mého názoru s módními trendy v hudební branži. Klasické nástroje sice stále budou mít místo na hudebním poli, ale aby hudba neustrnula na mrtvém bodě, je nutné vytvářet inovativní řešení ve spojitosti s moderními technologiemi.*“, uvedl pan Jan Likavčan.

## Dopad na projev muzikanta

Většina muzikantů se shoduje na myšlence, že záleží na situaci, kdy je nástroj použit a především na míře, jak moc je uživatel s produktem seznámen. „*Pokud hráč program nezná, nebo neví jak pracovat s tabletem, je to pro něj cesta do pekel, bude nervózní a to mu na kvalitě projevu rozhodně moc nepřidá.*“

Velice zajímavým a dle mého soudu objektivním příspěvkem je v této oblasti názor od pana Stanislava Svačinky. „*Klíčové by patrně bylo, jak se při hraní cítí samotný muzikant. Pokud by jemu samotnému vyhovoval tento způsob hraní, dozajista by se to kladně projevilo i na způsobu vystupování a tím i na kvalitě celé projekce. Určitě by se našlo pár experimentálních a avantgardních kapel (např. Midi Lidi), které by tento nápad uvítaly.*“

Celkově lze usoudit, že velmi záleží na stylu hudby, ve kterém má být tento produkt používán. „*Nedovedu si představit seriózní kapelu, která hraje country a jejich frontman něco mačká na tabletu. A pokud bych něco takového zažil, asi bych neudržel vážnou tvář.*“

## Nedostatky

„*Největší problém vidím v horší reakci na rychlé noty...*“, uvedl Jan Likavčan. Na tento nedostatek upozornilo více dotázaných. Je pravda, že přestože je toto zpoždění oproti původní implementaci značně zredukováno, hraní rychlejších pasáží je pořád dost komplikované.

Dalším, často zmíněným nedostatkem je šířka kláves. „*Změnila bych velikost kláves, pro lidi s ne úplně hubenými prsty by to nemuselo být to pravé ořechové, často si člověk splete klávesu...*“, uvedla slečna Tereza Kociánová. Šířka těchto kláves byla nastavena tak, aby nebyly příliš úzké, ale zároveň aby viditelná část klaviatury měla dostatečný rozsah pro hru. Objevily se i názory, které naopak kritizují příliš malý rozsah. „*Pro lepší použití by nebylo od věci nechat uživateli k dispozici více oktáv současně...*“, uvedl Martin Ferko. Rozšíření ani zúžení kláves tedy není příliš žádoucí. Vhodným řešením tohoto problému je přidání možnosti parametrizace šířky kláves.



Přestože se rozmístění ovládacích prvků setkala s převážně pozitivním hodnocením, kritika padala na vzhled uživatelského rozhraní. „*V neposlední řadě by podle mého zvedlo úroveň a atraktivitu aplikace její vizuální vylepšení.*“, uvedla Tereza Kociánová. Vylepšení grafického rozhraní by v případě komercializace produktu bylo samozřejmostí.

### Navrhovaná vylepšení

Mezi navrhovanými rozšířeními byly nejčastěji zmiňovány možnosti syntézy v zařízení, aby bylo možno tuto aplikaci zpřístupnit i běžnému uživateli. Tato varianta byla zamítnuta již ve fázi návrhu, připouštím však, že by nebylo od věci implementovat v budoucnu podobnou aplikaci pro mobilní zařízení s vestavěným syntetizérem podle návrhu s nativním syntetizérem (viz sekce 6.2).

Nejzajímavějším navrhovaným vylepšením je rozšíření aplikace o možnost nahrávání. Za předpokladu, že by se nahrávací modul umístil před modul syntézy, a byly by tedy zaznamenávány pouze sekvence příkazů, daly by se tyto nahrané sekvence přehrávat pomocí různých syntetizérů a tím by šel měnit zvuk, což by mohlo dále zvýšit atraktivitu.

Za zmínku stojí i rozšíření o možnost interakce více takových nástrojů současně. „*Super možnost pro pobavení by bylo využití více tabletů současně, podobně jako v Garage Band*“<sup>8</sup>. Pro realizaci této možnosti by bylo třeba rozšířit komunikační protokol o identifikaci zařízení a případně implementovat podporu využití více modulů syntézy současně.

## 9.4 Použití aplikace v reálném prostředí

Zajímavým testem, tedy spíše experimentem, který prokázal jistou zamýšlenou atraktivitu tohoto produktu bylo využití aplikace v reálném muzikantském prostředí - na koncertě<sup>9</sup>. Uživateli jsme v tomto případě byli dva - kytarista a multiinstrumentalista Nikola Dus a já.

Jelikož vím o případných problémech, které by mohly nastat, snažil jsem používat produkt tak, abych těmto problémům předešel a podařilo se. Jako největší omezení se opět ukázalo celkové zpoždění mezi stiskem klávesy a slyšitelností zvuku. Podobná situace byla i při používání aplikace mým kolegou muzikantem. I přes naprostou nevědomost o těchto problémech nedocházelo k nějakým závažnějším chybám a aplikace se chovala spolehlivě. V single-touch módu prakticky nenastaly žádné problémy. Při používání aplikace v multi-touch režimu docházelo v malém množství k již zmíněnému uvážnutí tónu.

Součástí tohoto experimentu byl i náhodný průzkum mezi návštěvníky koncertu. Podmínky pro realizaci rozsáhlejšího průzkumu veřejného mínění byly ovšem dost nepříznivé, proto bylo náhodně osloveno několik návštěvníků s požadavkem na zhodnocení použití tohoto prvku v rámci koncertu.

Většina respondentů se shodla na názoru, že se jednalo o něco nečekaného a svým způsobem originálního. Muzikanty zajímalo především, o jaký nástroj/aplikaci se jedná. Největší úspěch sklídila možnost parametrizace pomocí změny polohy zařízení. Mezi respondenty padly i některé negativní názory, často na adresu využití moderní techniky v oblasti hudebních představení. „*Nechápu, proč mladí lidé experimentují s elektronikou, když existují opravdové nástroje, na které je třeba se naučit hrát. Dnes si každý koupí telefon, stáhne si*

<sup>8</sup>Garage Band je aplikace pro přístroje iPhone/iPad a jedná se o virtuální hudební nástroje. Více na <https://itunes.apple.com/us/app/garageband/id408709785?mt=8>.

<sup>9</sup>Jednalo se o setkání hudebníků a společný „jam session“ v Ostravě. Záznam bohužel není k dispozici.

*nějaký zázračný program a je z něj najednou muzikant.*“, uvedl pan Ladislav, který dle jím sdělených informací je rovněž muzikantem<sup>10</sup>.

## 9.5 Shrnutí

Na základě výsledků z výše uvedených testů lze konstatovat, že aplikace má potenciál pro své umístění v komerční sféře. Díky své komplexnosti a určité dávce extravagance se jedná o relativně originální produkt, který dává jeho uživatelům k dispozici zajímavé možnosti práce se zvukem a posouvá dotyková zařízení blíže k hudebnímu průmyslu.

Má to však i svá úskalí. Tato komplexnost, tedy především fakt, že se jedná o aplikaci typu klient - server, je výrazným omezením v použití pro běžné uživatele.

Pro komerční nasazení bude třeba implementovat širší podporu zvukových modulů, případně implementovat vlastní vestavěný zvukový modul, což v každém případě může otevřít další možnosti použití a parametrizace. Pro lepší použitelnost bude žádoucí dále optimalizovat síťový přenos, případně vyzkoušet jiné alternativy, než je WiFi. Výraznou pomocí v oblasti prodeje a marketingu tohoto produktu může být i implementace některých ze zmíněných rozšíření.

---

<sup>10</sup>Názor tohoto člověka byl citován v plném znění, proto není dále v příloze uveden.

# Kapitola 10

## Závěr

Cílem této práce bylo získat informace z oblasti využití mobilních zařízení ve světě hudby, audio syntézy a na základě těchto informací navrhnout a implementovat strukturu aplikace tak, aby její možnosti využití byly co nejširší z hlediska možností syntézy.

Vzhledem k záměru prezentovat aplikaci v budoucnosti jako komerční produkt, byly do návrhu zahrnuty i postřehy a požadavky veřejnosti.

Výsledkem je prototyp poměrně flexibilní aplikace, který se dá snadno přizpůsobit jak potřebám uživatele, tak i možnostem externích syntetizérů. Architektura aplikace byla navržena tak, aby vyhovovala možnostem budoucího přidání dalších modulů syntézy.

Během vývoje samotného návrhu aplikace bylo implementováno několik experimentálních verzí, které pomohly odhalit technologické přednosti a nedostatky cílových zařízení. Z těchto zjištěných faktů vychází výsledný návrh aplikace (viz sekce 6.4).

Součástí implementace bylo i testování některých kritických součástí. Výsledky testů posloužily jako podklady pro optimalizaci těchto součástí a přidání několika dalších funkcionalit.

Výsledný produkt, resp. prototyp budoucího komerčního produktu byl poté předveden muzikantské veřejnosti za účelem získání zpětné vazby, zjištění největších nedostatků a nápadů pro rozšíření a zvýšení atraktivity budoucího produktu. Poměrně unikátním a poněkud troufalým testem bylo využití tohoto produktu během koncertu. Tento test vzbudil v lidech překvapení a zvědavost, což potvrzuje fakt, že by taková aplikace mohla mít úspěch.

### 10.1 Plán budoucí práce

Nejbližší vývoj se bude soustřeďovat na odladění chyb a další optimalizace komunikace (snížení odezvy) mezi klientem a serverem. Budou implementována i některá ze základních rozšíření, která byla často zmiňována (např. parametrizace velikosti kláves).

Dále bude s největší pravděpodobností třeba provést novou implementaci serveru v jazyce C/C++ a tím otevřít cestu pro rozšíření serveru o další moduly syntézy.

Důležitou součástí bude i modifikace grafického návrhu tak, aby byl produkt pro uživatele vizuálně dostatečně atraktivní. Jelikož však nejsem grafik, rád přenechám tuto práci odborníkovi.

Pokud to časové možnosti dovolí a podaří se aplikaci dostat do stavu, kdy bude moci být vydána jako komerční produkt, bude další vývoj směřovat k rozšiřování programu o další možnosti syntézy, případně o další součásti, které byly a budou navrženy samotnými uživateli.

Zajímavou myšlenkou je i rozdělení vývoje na dvě různé větve, kdy bude první větev věnována vývoji aplikace pro použití v hudební sféře a druhá větev se bude zabývat vývojem podobné aplikace pro účely zábavy široké veřejnosti.

# Literatura

- [1] Beauchamp, J. W.: *Analysis, synthesis, and perception of musical sounds: the sound of music*. Springer Science Business Media, 2007, iISBN 978-0387-32496-8.
- [2] Burk, P.; Polansky, L.; Repetto, D.; aj.: Music and Computers: A theoretical and historical approach. <http://music.columbia.edu/cmcmusicandcomputers/>, 2011 [cit. 2014-01-01].
- [3] Řezáč, M.: *Analýza audio signálu v reálném čase*. Bakalářská práce, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta Informačních technologií, 2012.
- [4] Gold, B.; Morgan, N.; Ellis, D.: *Speech and audio signal processing: processing and perception of speech and music*. Wiley, 2011, iISBN 978-047-0195-369.
- [5] Haken Audio: Continuum Fingerboard Overview [online]. <http://www.hakenaudio.com/Continuum/hakenaudioovervg.html>, 2013-12-06 [cit. 2014-01-05].
- [6] Hass, J.: MIDI Controller Numbers [online]. <http://www.indiana.edu/emusic/cntrlnumb.html>, 1999-05-02 [cit. 2014-05-17].
- [7] Kolektiv autorů: Developer tools [online]. <http://developer.android.com/tools/index.html>, 2013 [cit. 2014-01-01].
- [8] Kolektiv autorů: Android NDK [online]. <https://developer.android.com/tools/sdk/ndk/index.html>, 2013 [cit. 2014-05-10].
- [9] Kolektiv autorů: MIDI Messages [online]. <http://www.midi.org/techspecs/midimessages.php>, 2014-01-03 [cit. 2014-01-07].
- [10] Kolektiv autorů: Model protokolu TCP/IP [online]. [http://technet.microsoft.com/cs-cz/library/cc786900\(v=ws.10\).aspx](http://technet.microsoft.com/cs-cz/library/cc786900(v=ws.10).aspx), 2014 [cit. 2014-01-12].
- [11] Kolektiv autorů: OpenSL ES - The Standard for Embedded Audio Acceleration [online]. <http://www.khronos.org/opensles/>, 2014 [cit. 2014-01-13].
- [12] Music, N.: List of MIDI Continuous Controllers [online]. [http://www.nortonmusic.com/midi\\_cc.html](http://www.nortonmusic.com/midi_cc.html), 2012 [cit. 2014-05-11].
- [13] Schmitt, D.: LoopBe1: A free virtual MIDI driver [online]. <http://www.nerds.de/en/loopbe1.html>, 2012 [cit. 2014-01-13].

- [14] SchneidersLaden GmbH: The Continuum Fingerboard - halfsize.  
<http://www.schneidersladen.de/en/haken-audio-continuum-half-size.html>,  
2013 [cit. 2014-05-04].
- [15] Sobotka, F.: DAW na počítači (1) [online].  
<http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/DAW-na-pocitaci-1-tema-mesice> 09 unor 20  
2013-02-09 [cit. 2014-01-06].
- [16] Sobotka, F.: DAW na počítači (2) [online].  
<http://www.muzikus.cz/pro-muzikanty-clanky/DAW-na-pocitaci-2-tema-mesice> 10 unor 20  
2013-02-10 [cit. 2014-01-06].
- [17] Steinberg: VST Plug-Ins SDK Documentation. <http://www.gersic.com/vstsdk/>,  
2003-12-06 [cit. 2014-01-07].
- [18] Steinberg: VST SDK [online].  
[http://www.steinberg.net/nc/en/company/developer/sdk\\_download\\_portal.html](http://www.steinberg.net/nc/en/company/developer/sdk_download_portal.html),  
2014 [cit. 2014-04-29].
- [19] Steinberg Technologies GmbH: Technologies [online].  
<http://www.steinberg.net/en/company/technologies.html>, 2014-01-06 [cit.  
2014-01-08].
- [20] Tippach, M.: ASIO4ALL - Universal ASIO driver [online].  
<http://www.asio4all.com/>, 2013-06-06 [cit. 2014-01-05].
- [21] Wikimedia Foundation: Audio Stream Input/Output [online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Audio\\_Stream\\_Input/Output](http://en.wikipedia.org/wiki/Audio_Stream_Input/Output), 2013-11-14 [cit.  
2014-01-07].
- [22] Wikimedia Foundation: Virtual Studio Technology [online].  
[http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual\\_Studio\\_Technology](http://en.wikipedia.org/wiki/Virtual_Studio_Technology), 2014-01-03 [cit.  
2014-01-07].

# Příloha A

## Obsah CD

Na CD se nacházejí tyto adresáře:

- /src - zdrojové soubory aplikace
  - /src/client - zdrojové soubory klientské části aplikace
  - /src/server - zdrojové soubory serverové části aplikace
- /bin - aplikace ve spustitelné formě
  - /bin/client - klient ve spustitelné formě pro systém Android
  - /bin/server - server ve spustitelné formě pro MS Windows
- /pdf - text této práce ve formátu pdf
- /text - zdrojové text práce ve pro LaTeX
- /loopbe - instalátor aplikace pro vytvoření virtuálního MIDI rozhraní

# Příloha B

## Návod k použití

Klientská část aplikace je implementována pro zařízení s operačním systémem Android verze 4.1 nebo vyšší. Velikost pracovní plochy je optimalizována pro rozlišení 1280x800 pixelů. Klientská část nevyžaduje pro spuštění žádné další knihovny. Instalační soubor je k dispozici na přiloženém CD. V případě nutnosti překladu zdrojových souborů je vhodné využít prostředí Eclipse pro Android, které je možné stáhnout z [7].

Pro bezproblémový chod serverové části aplikace je nutné mít nainstalované prostředí Java Runtime Environment (JRE). Aplikace byla testována na OS Windows 8.1 a JRE verze 8 (sestavení 1.8.0). V případě nutnosti nového sestavení aplikace jsou na CD k dispozici zdrojové soubory, resp. kompletní projekt pro vývojové prostředí NetBeans.

Aby bylo možno aplikaci používat, je třeba mít k dispozici některý z dostupných programů, nebo externí zařízení pro syntézu zvuku na základě MIDI dat. Pro případ využití čistě softwarového řešení je na CD přiložen volně stažitelný program LoopBe1. Jedná se o aplikaci, která v počítači vytvoří virtuální MIDI rozhraní, které se dá použít pro interní směrování MIDI dat v rámci jednoho počítače. Pro korektní zprovoznění aplikace jsou nutné následující kroky:

- Spuštění a nastavení aplikace/zařízení pro syntézu.
- Propojení mobilního zařízení (dále jen tablet) s počítačem (dále jen PC) přes WiFi.
- Spuštění serverové části (dále jen serveru) na PC.
  - Start síťové komunikace na straně serveru pomocí tlačítka „Start server“.
  - Výběr MIDI modulu, spuštění tohoto modulu tlačítkem „Run“.
  - Připojení ke zvolenému MIDI rozhraní pomocí tlačítka „Connect“
  - Konfigurace parametrů pro jednotlivé události.
- Spuštění klientské části (dále jen klienta) na tabletu.
  - Vypnutí detekce polohy zařízení.
  - Připojení k serveru pomocí tlačítka „Connect“ a zadání jeho IP adresy ve vyvolaném dialogu.

V této fázi je aplikace připravena a měla by správně reagovat, chování klienta je možno měnit za běhu aplikace, změna konfigurace MIDI parametrů na serveru by měla být prováděna pouze v případě, kdy klient není používán, tedy když není hrána žádná nota.



## Příloha C

# Formát zpráv definovaného aplikačního protokolu

Kód zprávy	Akce	Vysvětlení
0000	Keep Alive	Periodická zpráva pro udržování spojení
0001	Device Connect	Iniciace spojení
0010	Device Close	Zavření spojení
1001	Note On	Událost začátku noty. Vzniká při stisku „klávesy“
1010	Note Change	Změna parametrů stisknutého tónu.
1100	Note Off	Konec přehrávání tónu, vzniká při puštění „klávesy“
0101	Motion Event	Vzniká při změně náklonu mobilního zařízení
0110	Parameter change	Změna parametrů syntézy.
0111	Parameter read	Čtení hodnoty parametru
0100	Mute All	Zastavení přehrávání všech tónů

Tabulka C.1: Přehled definovaných typů zpráv aplikačního protokolu

Zpráva	První argument (1 bajt)	Druhý argument (1 bajt)
Keep Alive/Mute All	0x0 (bez významu)	0x0
Sign In/Sign Out	0x0	0x0
Motion Event	Náklon X (signed)	Náklon Y (signed)
Parameter change	Index parametru	Nová hodnota
Parameter read	Index parametru	0x0

Tabulka C.2: Význam jednotlivých argumentů u krátkých zpráv

Počet bitů	Note On	Note Change	Note Off
8 b	Index události, resp. pořadí prstu dle času doteku		
16 b	Vzdálenost v centech od referenčního tónu		0x0
8 b	Hlasitost - intenzita tlaku		0x0
8 b	Y-souřadnice (parametrizovatelná osa)		0x0

Tabulka C.3: Význam jednotlivých argumentů a jejich délka u dlouhých zpráv

## Příloha D

# Výsledky prvotního průzkumu

Jména autorů jsou uvedena pouze u těch příspěvků, jejichž autoři dali souhlas ke zveřejnění svého jména.

**Tereza Kociánová, 20 let, hudební fanynka**

***Jak na Vás působí myšlenka hudebníka běhajícího po podiu s tabletem jako hudebním nástrojem?** Po takto položené otázce se mi vybaví někdo jako Michal David se svým keytarem. Jsem zastáncem spíše klasických nástrojů bez nejrůznějších vylepšujících strojů, vždy mi přijde, že pro hudebníky je stresující pocit, že jim technika selže a to pak bude mít vliv na jejich výkon a spokojenost posluchačů. Jsem z těch lidí, kteří jsou více staromódní a koncert si nejvíce užívají, když vidí hudebníka jak ?srůstá? s nástrojem a hru si opravdu prožívají. Při této představě se mi zde jaksi vytrácí radost ze hry. Jako oživení a bonbonek při koncertech a vystoupeních se mi tento nápad líbí, avšak případné úplné nahrazení klasických nástrojů tabletem se mi nezamlouvá.*

***Co byste od takového nástroje očekával(a)?** Možnost výběru různých nástrojů, tedy to že s sebou bych nebrala kytaru, klavír a housle, ale vše bych měla v jednom. Podle potřeby nástroje měnila, také bych očekávala možnost efektů, a zvuků například pro kytaru. Prostě bych s sebou měla i klasickou španělku i elektrickou kytaru s různými zesilovači. Taky to že bych si zahráný kus mohla uložit, vylepšit, dále s materiálem pracovat. A samozřejmě také to, že bude sloužit i k pobavení, asi jako každý komerční produkt pro tablety.*

**Radka Kutějová, 48 let, bývalá klavíristka**

*Použití tabletu jako alternativa hudebního nástroje je velmi zajímavá myšlenka, určitě záležitost budoucnosti díky rychle se rozvíjejícím technologiím ve všech oblastech života. . Nedovede však nahradit celkový vizuální dojem., kdy hudebník sedí nebo stojí u hudebního nástroje a předvádí své prstové umění jak na strunovém nebo klávesovém nástroji, své dechové umění pak u hudebních nástrojů ovládaných především dechem. Varianta kdy by hudebník používal tablet může být doplněna tím, že se na plátno za muzikantem promítá jeho výkon „in natura“ s klasickým hudebním nástrojem. Je zajímavé si představit kapelu složenou např. ze 4 muzikantů, kteří místo svého hudebního instrumentu mají v ruce tablety a pomocí nich a tanečních pohybů předvádí svá umění.*

### **Jan K., 36 let, hráč na bicí a perkuse**

*Je zajímavé si představit někoho, kdo má místo kytary tablet a hraje na něm sólo. Může to být výborné zpestření koncertu, ale obávám se, že starší generace bude k tomuto produktu více skeptická, a asi bude dost záležet na stylu hudby, vidět třeba rockového kytaristu běžat po pódiu s tabletem je super představa, ale když si představím českou dechovku...*

*Od takového nástroje bych čekal širokou škálu zvuků, ale hlavně ty elektronické, nevím proč, ale tak nějak mi tablet a synták k sobě sedí. Super by bylo i nějaké propojení třeba s klávesama.*

### **anonym, 66 let, člen dechového souboru Kobeřanka**

*Možná v nějaké elektronice, ale v pořádné hudbě je to k ničemu. Líbit se to bude tak možná mladým začínajícím muzikantům, staří a ostrřílení muzikanti určitě potvrdí, že je to nesmysl.*

*A na otázku co by to mělo umět, no, nejlepší by bylo nic takového nedělat, nevymýšlet nesmysly a věnovat se hudbě pořádně.*

### **Patrik V., 20 let, DJ**

*Zní to jako super věc, u nás jsem ještě nic takového neviděl, proto by to bylo určitě originální a přitáhlo by to lidi. Zatím jsem viděl jenom zvukaře s iPadem a to vypadalo dost dobře. Je to elektronika, takže by to určitě mělo umět elektronické zvuky, potom nějaká ta kytara nebo dechy by nemusely být špatné. A potom nějaké možnosti úpravy zvuku, třeba když s tím zatřepu, tak se zachvěje i zvuk a tak.*

### **Dalibor Mráz, 21 let, bubeník a oficiální hráč firem Sonor a UFIP**

*Já jsem zastáncem jakéhokoliv pokroku. Nemyslím si, že jít s dobou a vylepšovat techniku, by mělo být za každou cenu kontraproduktivní. Ve světě se technický rozmach projevuje už nějaký pátek a stále se vývoj zrychluje. Mit u sebe v male krabičce nástroj podobných kvalit a pracovat na cestách ve vlaku, autobuse nebo v parku dává hudebnímu průmyslu nové možnosti. Samozřejmě kromě dobrého nápadu očekávám přehledné a líbivé prostředí a empatické ovládání.*

### **Linda J., 19 let, zpěvačka a pianistka**

*Dost zajímavě a futuristické, kdyby to měl někdo jako součást vystoupení určitě bych na to zašla. Možná si nedokážu přesně představit, jak by něco takového mohlo fungovat, ale určitě bych to chtěla vidět. V dnešní době kdy jde technika rychle dopředu a lidi s mobilem, tabletem či notebookem pomalu spí, bych se něčemu takovému nedivila.*

*Využití, no to je jasné. Pobavení, kuriozítka, možná i způsob jak nalákat lidi na živý koncert. Taky by záleželo na tom, který muzikant/člen kapely by tohle využíval, bubeník asi ne, ale takový kytarista nebo klávesák proč ne.*

### **Kristýna Kociánová, 17 let, fanynka rockové hudby**

*Všechno může být hudební nástroj tak proč ne tablet, ostatně ten pro to má své dispozice a byla by škoda je nevyužít. Působil by na mě asi jako DJ za pultem, ten tam má taky podobné vybavení a odehraje tak celý koncert.*

*Očekávala bych vzhledem k tomu, že to chytrá věcička asi jakýkoliv zvuk. Napodobit jakýkoliv zvuk i ty přírodní, nástroje, podle toho co bych zrovna potřebovala. Třeba i štěkajícího psa, nebo zvuky velryb, když na to přijde.*

#### **Miloš Richter, 45 let, prodejce hudebních nástrojů**

*No, popravdě ta představa ve mně vyvolává obavy a úsměv zároveň, nevím, jestli by měl zrovna pobíhat. Každopádně v dnešní době už jsem na podiích viděl dost jiných a mnohem více neobvyklých věcí takže tohle by po těch všech šílenostech a alternativních možnostech byla konečně věc, která by mohla fungovat a vůbec by nepůsobila ujetě.*

*Bylo by super to používat na zvláštní efekty, nebo místo jednoho kusu nástroje jako nástroj pro jednu dvě skladby, něco jako theremin u Tiersena, prostě všichni se těší, až ho vytáhne.*

#### **Vladimír K., 71 let, klávesista a zpěvák**

*Jsem k těmto moderním vymoženostem poněkud skeptický, ale uznávám, že pro lidi s větší technickou zdatností to může být zajímavé. Ostatně i já jako divák bych to asi úplně neodsoudil.*

*A co od toho čekat? Já nevím, asi nějaké zvuky sólové kytary, nebo dechových nástrojů, zkrátka něčeho, co bude typickým sólovým nástrojem.*

#### **Jaroslav D., 52 let, houslista**

*Nejsem si jist použitelností takového nástroje, připadá mi to jako laciná náhražka nástroje. Obecně, v hudbě se vyskytuje čím dál více elektroniky, a to je špatně, lidé by se měli vrátit zpátky do doby, kdy elektrické nástroje nebyly a na tom se dále učit. Neočekávám od toho tedy nic, já to používat nebudu.*

## Příloha E

# Výsledky uživatelského testování

Podobně jako u prvotního průzkumu, zveřejněna byla pouze jména autorů, kteří dali k tomuto souhlas.

### **Stanislav Svačina, 20 let, baskytarista**

*Na mě tento nápad nepůsobí nijak špatně - náhradu hudebního nástroje tabletem nevnímám jako nějaké kacířství. Hudební nástroj je podle mě přesně tím, co si nese v názvu - nástrojem k dosažení něčeho, v tomto případě zvuku. Asi bych z větší části nehýčkal hudební nástroje jako artefakty a s klidným srdcem bych je nahradil tímto způsobem kontroly. Pokud by se ukázalo, že má tato náhrada více výhod, než nevýhod, byl bych pro ni.*

*Tedy, vnímáno z pohledu diváka by mi to přišlo do určité míry i docela efektní - ačkoliv si dovedu představit řadu lidí, kteří jsou daleko více konzervativní, než já. Nakonec, efektní je i pěkná kytara. Klíčové by patrně bylo, jak se při hraní cítí samotný muzikant - pokud by jemu samotnému vyhovoval tento způsob hraní, dozajista by se to kladně projevilo i na způsobu vystupování a tím i na kvalitě celé projekce. Určitě by se našlo pár experimentálních a avantgardních kapel (např. Midi Lidi), které by tento nápad uvítaly.*

### **Jan Likavčan, 28 let, zpěvák a kytarista**

*Koncept programu jde dle mého názoru s módními trendy v hudební branži. Klasické nástroje sice stále budou mít místo na hudebním poli, ale aby hudba neustrnula na mrtvém bodě, je nutné vytvářet inovativní řešení ve spojitosti s moderními technologiemi. Aplikaci vidím jako jednu z inovací, která si v hudební sféře má šanci najít místo.*

*Jako mladý hudebník chci, aby šla z mé tvorby cítit i progresa, nejen kopírování již vytvořeného. Hudbu rád propojuji s atmosferickými zvukovými efekty přes sampler, ale dívám se i pro jiných praktičtějších možnostech. Abych mohl software plně využít na koncertech, bylo by nutné si aplikaci vrýt pod kůži, což vyžaduje určitý čas. Líbí se mi možnost unikátního využití MIDI protokolu a funkce multi-touch, které umožňuje hru na více nástroje najednou. Výhodou je i praktické využití gyrosenzoru na obou osách k zaoblení tónu a dynamice hry. Celkový pozitivní dojem na mě udělala i přehlednost ovládní.*

*Pokud by muzikant postupně zapojoval aplikaci do své tvorby, získával by zkušenosti a tím i jistotu projevu při užití aplikace na koncertech. Starší konzervativní publikum by asi neoslovil, ale většinu ostatních by určitě inspiroval.*

*Problémem může určitě být latence, způsobená propojením mezi systémy, případně vyšším frekvenčním šumem v okolí. Za zvážení by stálo i rozšíření kláves na klávesnici. Uvítal*

bych i podporu propojení přes Bluetooth. Největší problém vidím v horší reakci na rychlé noty.

Bylo by zajímavé mít možnost propojení tabletů mezi sebou, přidání i jiných stupnic, propojení s databází kvalitních zvuků.

### **Milan B., 58 let, klávesista a skladatel**

*Jsem zastáncem klasických nástrojů, které těžko může nahradit jakákoliv elektronika. V praxi bych zařízení využil velmi těžko. Při hře na hudební nástroj využiji elektroniku pouze k dokresle zvuku ? např. elektrická kytara. Potenciál využití určitě vidím u mladších hudebních těles, které jsou nalazeny přece jen na jinou hudební vlnu, než starší generace. Oceňuji však přehlednost systému a příjemné uživatelské prostředí.*

*Potenciál využití na koncertě existuje, ale pouze v elektronické hudbě. Rockové kapely se bez takovýchto nástrojů obejdou ? vystačí si se standardními strunnými nástroji a přídavnými zvukovými efekty. K využití jakýchkoliv elektronických zařízení v praxi jsem ale obecně kritičtější. Sám za sebe si využití dokážu představit až po tom, co bych se aplikaci naučil řádně ovládat.*

Pokud by muzikant hrál na více nástrojů najednou, mohlo by to mít na jeho projev negativní dopad z pozice diváka. Muzikant by najednou nemusel podávat na všechny nástroje stoprocentní výkon a to by se negativně projevilo na celé kvalitě jeho projevu.

*Určitě je potřeba zapracovat na zpoždění. Jakákoliv nepřesnost by pak při živém projevu mohla působit neprofesionálně. Multitouch mód ve mě sice vzbudil nadšení (možnost hry na více nástrojů najednou vypadá zajímavě), nicméně aplikace při jeho využití stále vykazuje určitou chybovost. Při samotné hře bych pro své hrubé prsty uvítal rozšíření klaviatury.*

*Tablet v praxi využívám a jsem rád, když je ke každé aplikaci i tutorial, který mě do programu lehce zasvětití. To samé bych uvítal i u této aplikace. Popularitu by aplikace mohla získat při vypilování všech „much“.*

### **anonym, 17 let, bubeník rockové kapely**

*Jsem si říkal zas nějaká blbost, ale fakt mě dostalo to se změnou zvuku při změně polohy. Je to dobrá sranda. No, jako první co mě štválo, že to nemělo rychlou odezvu, asi bych chtěl, aby to hrálo hned jak se dotknu klávesy. Ten projev, no pokud je to showman, tak jím bude ať bude mít v ruce cokoli. A vliv má podle mě každá změna takže asi i tahle, buď si bude víc věřit prostě, že je borec, nebo ho strach z úspěchu a názoru lidí tak sváže, že si to tolik neužije a to fanoušci poznají. Vylepšil bych to možná vzhledově no a možná ty klávesy by nemusely být tak úzké.*

### **anonym, 22 let, kytarista punk-rockové kapely**

*Jako dobrý všechno super, ale nedala by se vypnout ta funkce efektu při změně polohy? Jakože kdyby na to někdo hrál, skákal a tak to by asi nemělo, ten požadovaný efekt ne? To bych asi vylepšil, pak co se týká vzhledu, no není to žádná hitparáda, ale v základu dobrý. Myslím si, že každý muzikant by si dokázal navymýšlet, co by to mělo umět takže bych to možná prodával jako produkt na míru. A vylepšil tu aplikaci vždycky podle toho co by ten nebo onen chtěl takže jako oblek na míru.*

### **Tereza Kociánová, 20 let, hudební fanynka**

*Nedokáží s určitostí říci, zda by takový nástroj byl použitelný, nebo jestli by takový nástroj měl na výkon hráče nějaký dopad. Co pro mě zůstává otázkou jak by působil jen s tabletem v ruce, přeci jen nástroj něco zosobňuje a bývá často větší, nebo aspoň výraznější. Kladně by na mě působila inovativnost a snaha o začlenění něčeho nového jiného. Záleželo by asi i od fanouška a příjemce jak by reagoval. Mě tato představa přijde vtipná, komická. Spíše jako komický prvek než seriózně vyhlížející možnost prezentace sama sebe, kapely.*

*Změnila bych velikost kláves, pro lidi s ne úplně hubenými prsty by to nemuselo být to pravé ořechové, často si člověk splete klávesu. Dál bych určitě změnila vzhled, image, pokud by byla aplikace distribuována široké veřejnosti nejspíš by se svým základním vzhledem moc parády neudělala. Základní panel a umístění mi přijde dobré. Také by mi vadila nutnost propojení s počítačem když přes wifi, přeci jen pokud bych si aplikaci koupila nechtěla bych, aby byla závislá na dalším zařízení, ale byla plně mobilní. Nabídku aplikace bych obohatila o možnost nahrávání a postprocesu, upravování, střihání, dodávání dalších zvuků, přehrání a spojení dvou linek a podobně. Určitě by stálo za zvážení aplikace na jiný nástroj než klávesy, je přeci spousta lidí co preferuje strunné nástroje. Určitě by také stálo za zvážení rozšíření i pro jiné platformy než jen android. V neposlední řadě by podle mého zvedlo úroveň a atraktivitu aplikace její vizuální vylepšení.*

### **anonym, 34 let, hudební fanoušek**

*Super, fakt by mě to bavilo jako aplikace do mobilu, ale říkal jsi, že to musí být připojené k PC přes wifi co? No to by mě štvalo, bych s tím mohl blbnout jen doma nebo tak. Trošku takový hipsterský výstřelek. Ale nevím, moc na takové aplikace nejsem dávám přednost těm praktičtějším.*

*Vylepšit? Co třeba nahrávání, pak bych své dílko mohl sdílet možná taky možnost poslat to někomu hned jak to zahraju. Něco jako instagram na hudbu.*

### **Josef R., 69 let, jazzový klavírista**

*Musím říct, že na mě program působí velice zajímavě. Ačkoliv jsem zastánce spíše klasických nástrojů, než posledních módních výstřelků, nemůžu říct, že by byl tento nástroj úplně na nic. Určitě si najde své oblíbence zvláště v oblasti experimentální muziky. Pro mě to ale moc není, mě by asi trvalo dlouho než bych se to naučil a navíc nevím, jak bych ho sám použil. Velmi se mi líbí způsob využití MIDI, to se jen tak nevidí, na druhou stranu, klavír je klavír, ta dotyková věc není to pravé. Spíš bych si to dokázal představit jako aplikaci pro pobavení s přáteli, v tom případě by bylo fajn, kdybych nemusel s sebou tahat počítač.*

### **Rudolf H., 37 let, kytarista a skladatel**

*Hudebních aplikací pro mobily jsou na trhu mraky, nikdy jsem se ale neviděl takový přístup. Málokterý nástroj má takové možnosti. Já sice nejsem klavírista, takže bych uvítal více obrázků kytary, než klavíru, ale chápu, že lidé jsou na to zvyklí.*

*Koupil bych to asi našemu klávesákovi, ten je dostatečný blázen na to, aby to využil a myslím že v jeho podání to může vypadat dost dobře. Na projev by to teoreticky vliv mít nemělo. Jo, je to svým způsobem zvláštní mačkat mobil místo kláves, ale co, pokud se s tím člověk naučí, tak to může být dobré překvápko a fanynky z toho budou hotové.*

*Ohledně vad a vylepšení, nevím, co bych řekl, asi by bylo fajn nějak nechat na muzikantovi, aby si nastavil klávesy tak jak potřebuje, pro mě je tam třeba málo oktáv, pro jiného*

zas můžou být úzké klávesy. A chtělo by ještě potom něco udělat s tou odezvou, občas je to horší a Dragonforce<sup>1</sup> na tom nezahraju.

*Fajn by bylo, kdybychom s klukama mohli hrát všichni najednou a udělat tomu pořádný kabát, ať je to cool.*

### **Adam Rek, 23 let, muzikant a šéfproducent Majálesu UTB ve Zlíně**

*Jedná se určitě o zajímavý a atraktivní produkt, měl bych ale strach z jeho použití. Selže jedna věc a oba dobře víme, jak taková malá blbost dokáže zkazit celý koncert.*

*Jako poměrně zajímavé mi připadá také využití v komerční sféře. Aplikace se přímo vybízí výrobcům tabletů, aby její vývoj zafinancovali a nabídli ji světoznámým hudebníkům k použití na svých show. Otázkou však je, zda by profesionální muzikanti byli ochotni kvůli aplikaci využívat přístroje s operačním systémem Android, který je nestabilní a extrémně náročný na údržbu. Uživatelé Androidu navíc za aplikace odmítají platit, takže je poměrně jisté, že bez velké vstupní investice (zahrnující například výdaje na vývoj a propagaci) by aplikace pravděpodobně neměla velkou šanci prosadit se. Oceňuji však nápad a provedení - není to typická hračka a s trochou štěstí by se v muzikantské branži klidně mohla ujmout."*

*Ovládání se mi zdá v pohodě, nic vyloženě nechybí, nic není navíc, je to ok. A co vylepšit, to takhle rychle nedokážu říct, potřeboval bych si to více osahat, a potom bych byl schopen něco namítnout.*

### **Petr, 54 let, klávesista**

*Nevím, proč bych měl používat elektroniku a učit se s ní pracovat, když je na světě tolik krásných hudebních nástrojů. Proč zase mladí vymýšlí kraviny místo toho, aby se naučili dělat kvalitní muziku?*

*Na to, abys byl dobrý nic takového nepotřebuješ, akorát tě to omezuje, často se může něco pokazit a celý koncert je k ničemu.*

*Já bych tedy nic nevylepšoval, za mě je to celé špatně vůbec nápad dělat něco takového, takže to vyhoď a kup si pořádné klávesy.*

### **Martin Ferko, 31 let, učitel na univerzitě a hráč na bicí**

*Pokud se odstraní všechny mouchy a bude to fungovat tak jak má, tak to může být super věc, rozhodně to může kapelu podpořit a udělat to dobrou show. Za mě tedy palec nahoru za nápad, ale chce to ještě některé věci doladit.*

*Ohledně projevu muzikanta, tady záleží jednak na žánru a taky na člověku. Jsou konzervativní lidi, kteří vyznávají pouze analogové nástroje a ti to moc rádi neuvidí, tak budou působit křečovitě, ale lidi co mají rádi progresi, pro ty to může být perfektní produkt.*

*Co jsem zkoušel tak bych asi nejvíc ze všeho uvítal možnost zamknout aplikaci, abych mohl zavřít oči hrát a nehrozilo by, že bych si aplikaci nějak omylem vypnul, nebo sáhl na něco, na co nemám. Pro lepší použití by taky nebylo od věci nechat uživateli k dispozici více otkáv současně.*

---

<sup>1</sup>Dragonforce je kapela specializující se na speed-metal, v tomto kontextu byla řeč o skladbě „Through the fire and flames“, jejíž videoklip je k dispozici na <https://www.youtube.com/watch?v=0jgrCKhxEl1s>



## **anonym, 40 let, fanoušek elektronické hudby**

*Kdybych byl muzikant, tak bych si to určitě zkusil použít, je to zajímavá věc a dá se s tím dělat super věci. Chtělo by to ale pořádně vyšperkovat, než to půjde ven.*

*Hodně by taky záleželo, v jaké hudbě by to bylo použito, pro rockového muzikanta to může být perfektní pro jeho projev a pro získání fanynek. Na druhou stranu... Nedovedu si představit seriózní kapelu, která hraje country a jejich frontman něco mačká na tabletu. A pokud bych něco takového zažil, asi bych neudržel vážnou tvář.*

*Na programu bych asi vylepšil ovládání posuvu klaviatury, tohle je takové těžkopádné, i když to svůj účel splňuje. A kdyby šlo ještě trošku stáhnout ten delay, bylo by to supr. Jinak je to OK a ovládání se mi líbí, je tam to co tam má být, nic nechybí. Super možnost pro pobavení by bylo využití více tabletů současně, podobně jako v Garage Band.*