

V HUDEBNÍ

DIGITÁLNÍ

TECHNOLOGIE

V HUDEBNÍ

TVORBĚ

PRO AKUSTICKÉ

NÁSTROJE

NÍ

OLOGIE

BNÍ

Ě

USTICKÉ

JEDJE

DIGITÁLNÍ

TECHNOLOGIE

V HUDEBNÍ

TV

Jakub Rataj, Gilberto Agostinho

TECHNOLOGIE

V HUDEBNÍ

DIGI

TECI

V HU

TVO

PRO

NÁST

DIGITÁLNÍ

TECHNOLO

V HUDEBNÍ

TVORBĚ

PRO AKUSTI

NÁSTROJE

DIGI

TECI

V HU

TV

DIGI

TECI



# PŘEVOD POHYBU LIDSKÉHO TĚLA NA ZVUK POMOCÍ SENZORŮ

15 Úvod

## 19 PADESÁT LET INTERAKTIVNÍ HUDEBNÍ A POHYBOVÉ TECHNOLOGIE

- 19 Vhled do historického pozadí interaktivních systémů
- 21 Změna role tanečníka v hudebně-tanečního interpreta
- 23 Kategorie pohybových senzorů podle umístění
- 24 Tělo, prostor a čas jako druhá varianta kategorizace pohybových senzorů
- 25 Charakteristika externích pohybových senzorů
- 29 Charakteristika „nositelných“ pohybových senzorů

# 37 UMĚNÍ MANIPULACE JAKO PRŮSEČÍK DVOU KOMPOZIČNÍCH PRINCIPŮ

- 37 Koncept hudebne-tanečního představení Umění manipulace
- 39 Hudební složka Umění manipulace
- 48 Zvolené přístupy interakce hudby a pohybu v Umění manipulace vs. notový zápis
- 50 Charakteristika pohybového systému použitého v Umění manipulace
- 51 Technické parametry použitého pohybového systému
  
- 56 Závěr
- 57 Literatura
- 58 Abstract

# GENEROVÁNÍ INSTRUMENTÁLNÍ HUDBY POMOCÍ ALGORITMICKÝCH POSTUPŮ

63 Úvod

67 POVÁLEČNÁ  
HUDBA

73 SKLADATEL JAKO  
PROGRAMÁTOR:  
POČÍTAČOVÁ HUDBA

73 Programování na základě daných pravidel

75 Stochastické hudební programování

77 Systémy umělé inteligence v hudbě

81 ALGORITMICKÉ  
PRINCIPY APLIKOVANÉ  
NA INSTRUMENTÁLNÍ HUDBU

81 *In C*

84 *Clapping Music*

86 *Longplayer*

88 *Organ2/ASLSP*

# 91 ALGORITMICKÉ GENEROVÁNÍ PARTITUR

91 Vývoj počítačem generovaných partitur

94 Techniky algoritmického generování partitur

100 Analýza skladby *Tête-à-Tête*

102 Generativní partitury a jejich estetické důsledky

104 Závěr

106 Literatura

111 Příloha A

123 Příloha B

124 Příloha C

127 Příloha D

129 Příloha E

132 Příloha F

137 Abstract

## Zvolené přístupy interakce hudby a pohybu v *Umění manipulace* vs. notový zápis

Spojujícím motivem všech částí *Umění manipulace* je dominance, nebo lépe řečeno snaha získat kontrolu. Otázka kontroly byla v hudebním kontextu zásadní i pro mne jako autora hudby. Mým záměrem bylo uchopit hudební složku nejen jako podklad stmelující jednotlivé taneční obrazy, ale i jako autonomní kompozici stojící v rovnocenné funkci spolu s choreografií. S choreografkou Helenou Šťávkovou jsme proto nejprve vypracovali formální osnovu, do které jsme zakreslili témata a délku trvání jednotlivých částí. K těmto částem jsme následně přiřadili obecný charakter pohybového a hudebního materiálu nastíněný výše v textu. Při takovém přístupu vznikaly obě složky na teoretické úrovni společně, ale jejich realizace (hudební partitura a choreografie) probíhala odděleně; proto bylo nutné vycházet ze zkušeností získaných během naší předchozí umělecké spolupráce.

Vzhledem k rozdílnému charakteru jednotlivých částí představení jsem volil odlišné přístupy pro zápis instrumentálního partu – v závislosti na jejich vztahu k choreografii. Důležitým faktorem pro propojení obou rovin (hudby a tance) byla snaha o vytvoření vzájemného dialogu postaveného na hudebně-pohybové interakci. Tato interakce se na jedné straně opírá o vztah mezi tanečníky a instrumentálním ansámblem, na straně druhé o vztah mezi tanečníkem a vlastním tělem, jehož konkrétní část se stává hudebním nástrojem ovládajícím elektronickou složku pomocí pohybového senzoru. V prvním případě jsem se zabýval otázkou zápisu a hudebního charakteru instrumentálního partu reagujícího na pohybové události, v případě druhém bylo nutné zodpovědět celou řadu otázek, kterými se budu zabývat dále v textu.

V úvodu, kdy hudebníci reagují na perkusivní a ruchové zvuky dřevěných palet, jsem se snažil podpořit hudebně-pohybovou interakci volnějším způsobem zápisu. Jednotlivé nástroje mají předepsané tempo, konkrétní zvukové artikulace, dynamický rozsah a časové rozmezí mezi danými událostmi. Na jejich základě společně vytvářejí ruchově orientovanou rytmickou plochu, jejíž délka závisí na dané choreografii. Následující, již tradičně zapsaná část navazuje přímo, přičemž ansámblu dává dirigent znamení podle pevně stanoveného momentu v choreografii. S podobným způsobem interakce a volným zápisem pracuji i ve třetí části představení. Nejprve reaguje na „dirigentské“ povely celý ansámbl a následně odpovídá (nepravidelně) violoncello spolu s kontrabasem dynamickým a tónovým

vychýlením na pohyby tanečnic s paletou. Závěrečná část je zapsána formou proporční notace, ale na rozdíl od výše uvedených „volných“ způsobů zápisu sloužících k interakci s choreografií má tato za účel vytvořit pozvolna modulující harmonickou plochu znějící paralelně s tancem.

V ostatních částech představení vytváří instrumentální hudba pevně zapsaný kontrapunkt k choreografii. K interakci (až na závěrečnou část) dochází mezi tanečником a živě nahranými zvuky lidského dechu, které jsou transformovány pomocí pohybového senzoru ovládaného tanečником. Tento nový zvukový prvek se stává další rovinou propojující instrumentální hudbu s choreografií. Polyfonie tvořená pevně zapsanou hudbou a přesně určenou choreografií tak získává senzoricou interakcí novou improvizaci kvalitu. Na rozdíl od instrumentální složky nejsou jednotlivé zvukové události ovládané pohybem zapsané v partitūře, jejich konkrétní tvar a průběh je tak doslova v ruce tanečníka (ačkoliv se tato volnost pohybuje v předem vymezených mantinelech). Při spolupráci s tanečником jsem musel postupovat podobným způsobem jako choreograf vysvětlující průběh pohybu, jeho charakter, umístění v čase apod. Tanečnik byl následně konfrontován s propojením tanečních pohybů určených choreografií a vědomým ovládním zvuku. Tato proměna role tanečníka v hudebního/zvukového interpreta vyžadovala důkladnou přípravu a především pochopení, jak se zvukem pracovat v rámci choreografie. Jak již bylo zmíněno v kapitole *Změna role tanečníka v hudebně-tanečního interpreta* – i v tomto případě bylo třeba, aby se tanečnik sžil s vlastním tělem a chápal jej jako hudební nástroj. Okamžik takového pochopení bylo možné pozorovat na proměně pohybů tanečníka, které se zbavily pocitu svázanosti a staly se přirozenou součástí choreografie.

Během příprav *Umění manipulace* jsem došel k závěru, že v případě instrumentální hudby je třeba kombinovat „volné“ způsoby notového zápisu s pevně stanovenými, a to podle charakteru jednotlivých částí choreografie. Tím vznikají dva rozdílné vztahy mezi hudbou a choreografií. Jedním je dialog přímo reagující na pohyby tanečníků a druhým je vztah vzájemné polyfonie, ve které mají obě složky (hudba a choreografie) stejný význam. V prvním případě vzájemnému dialogu dopomáhá jistá míra improvizace a možnost na sebe reagovat. V případě druhém obě složky spojuje téma a charakter konkrétních částí a v neposlední řadě zapojení pohybové technologie, která se stává novým propojujícím „hlasem“ v pohybově-hudební polyfonii.



## Charakteristika pohybového systému použitého v *Umění manipulace*

Dříve než jsem se dostal ke spolupráci s tanečníkem, bylo třeba určit, prostřednictvím jakých pohybů má být zvuk kontrolován a jaký má být jeho charakter. S tím souvisí i otázka volby konkrétního pohybového systému. Vzhledem k tématu manipulace a jeho choreografickému uchopení jsem došel k závěru, že nevhodnější bude zvolit senzor připevněný k části těla tanečníka, aby nebyl vázán k vymezenému prostoru, jako je tomu v případě externích pohybových systémů. Rozhodl jsem se pro senzor připevněný na ruku – ruka se tedy stává symbolem kontroly, ovládání a nástrojem k tvarování nehmátelného zvuku v prostoru. Snímané hodnoty se tak zúžily na pohyby jedné ruky a na základě pohybových možností této části těla jsem určil dva základní parametry, které rozlišují plynulý pohyb v prostoru a rychlá gesta či pohybové impulzy. Záměrně jsem se omezil pouze na tyto dva základní parametry, a to z několika důvodů. Jedním z nich byl fakt, že představení nemělo být založeno na senzorické exhibici, která by předváděla nesčetné možnosti použitého systému, ale na propojení tohoto systému s choreografií a hudební složkou. Dále jsem zohlednil skutečnost, že funkce senzoru má být srozumitelná pro taneční interprety a má pokud možno co nejvíce korespondovat s jejich pohyby, aniž by kladla extrémní nároky na přesnost pohybů, jejich časovou posloupnost apod. Zároveň jsem vycházel ze dvou základních vlastností zvukového průběhu, kterými jsou kontinuální trvání zvuku a krátké akcenty. V neposlední řadě jsem si byl vědom toho, že budu-li vycházet z živě nahranych zvuků, budu pracovat s dostatečně komplexním zvukovým materiálem, který bude dále možné transformovat pomocí dvou uvedených parametrů. O konkrétní aplikaci těchto parametrů se zmíním v následující podkapitole.

Další otázka se dotýká problematiky čitelnosti interakce pohybu a zvukového výsledku – zvuková povaha ovládaného materiálu totiž může mít téměř neomezené množství podob. Na rozdíl od tradičních nástrojů, kde divák/posluchač má jistá zvuková očekávání ve spojitosti s daným nástrojem, není možné si u virtuálních nástrojů ovládaných kontrolery předem vytvořit zvukovou konotaci se senzorem (nehledě na jeho velikost, tvar či podobu). Tento fakt může divákovi způsobit jisté problémy při rozpoznání interakce pohybu a zvuku, čímž se zeslabuje její význam. Na druhou stranu, má-li být pohybově-zvuková interakce přirozenou součástí dalších složek představení (v tomto případě instrumentální hudby a choreografie), hrozí

při jejím přílišném zdůraznění potlačení ostatních rovin díla a využití pohybové technologie tak může působit prvoplánově. Za účelem dosažení rozpoznatelnosti interakce, aniž by působila cizorodě či samoúčelně, jsem vycházel z živě nahraných zvuků lidského nádechu, které byly součástí choreografie, a jejich vztah k pohybovým gestům jsem promítal do zvukové struktury.

S volbou „nositelného“ senzoru připevněného na ruku souvisí i konečné stanovení dvou základních parametrů (kontinuální pohyb / zvuk a impulz). Tyto společné vlastnosti hodnot pohybu a zvuku odehrávající se v čase a prostoru používám jako stavební materiál interakce mezi pohybem tanečníka a živě nahraným a následně transformovaným zvukem lidského dechu. Lidský dech hraje kromě významové role důležitou funkci pro objasnění a podpoření čitelnosti vztahu mezi pohybem tanečníka a zvukovým materiálem, který je jednotlivými parametry pohybu transformován.

### Technické parametry použitého pohybového systému

Mojí vizí bylo vytvořit takové prostředí, ve kterém se tanečník stává současně hudebním interpretem. Pomocí senzoru detekujícího pohyb získává tanečník možnost kontrolovat předem zvolené parametry zvuku a tím vytvářet novou hudební rovinu k instrumentální hudbě hrané živým ansámblem. Tanečník se tak de facto stává jedním z hráčů ansámbly a jeho nástrojem je vlastní tělo. Základním zvukovým materiálem ovládaným pohybem tanečníka je živě nahraný dech a s ním spojené zvuky vytvářené pusou a hlasivkami. Při práci s takovým zvukovým materiálem elektronický zvuk v podstatě dabuje svého původce a tím dopomáhá k čitelnosti a pochopení vztahu mezi tanečníkem a zvukem samotným. V průběhu jednotlivých scén *Umění manipulace* docházelo k několikerému nahrání různě artikulovaného lidského dechu, což mělo za účel docílit různorodosti senzorem tvarovaného zvuku.

Pro ovládání virtuálního nástroje jsem zvolil pohybový senzor *Hot Hand*, který splňoval mé představy týkající se funkčnosti, velikosti a snadného zapojení. *Hot Hand*, jenž svým tvarem připomíná prsten, snímá pohyb pomocí akcelerometru měřícího tři osy v prostoru. Osy X a Y odpovídají horizontální a vertikální rotaci zápěstí, osa Z měří sklon podle toho, zdali je senzor drženy vodorovně nebo svisle. Získaná data jsou distribuována do počítače pomocí USB přijímače ve formě MIDI hodnot. Každá osa má vlastní kontrolní číslo (MIDI Continuous Controller), pomocí nichž dochází ke kontrole parametrů zvukových procesů. USB přijímač umožňuje připojení až čtyř senzorických

prstenů, které jsou přiřazeny k jednotlivým kanálům, a dosah senzoru sahá do vzdálenosti třiceti metrů od přijímače.

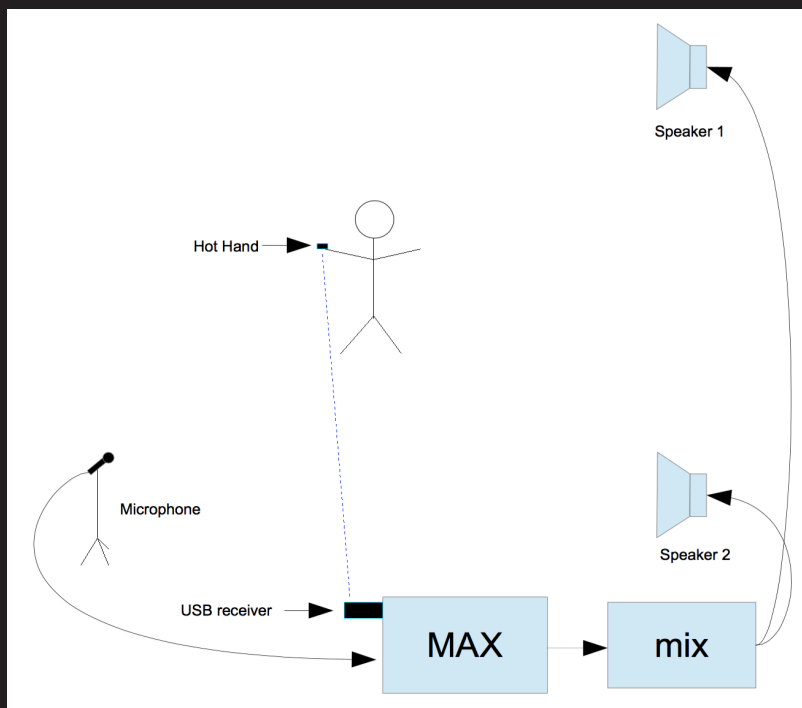


Pohybový senzor *Hot Hand*

Poté, co jsem zvolil konkrétní pohybový senzor a tím získal jasnou představu o jeho fungování ve vztahu k pohybu a charakteru snímaných hodnot, jsem si položil otázku, jaké specifické zvukové parametry mají být senzorem ovládány a jak souvisí s pohybovým gestem. Z předem stanovené představy o charakteru pohybově-zvukové interakce jsem sestavil virtuální nástroj, který je tvořený senzorem *Hot Hand* detekujícím pohyb tanečnicka, dynamickým mikrofonom pro živé nahrávání zvuků lidského dechu, softwarovým nástrojem vytvořeným v prostředí Max/MSP a stereofonním audio rozhraním.

Základním požadavkem na virtuální nástroj byla možnost obměny do bufferu průběžně nahrávaného zvukového materiálu a zároveň spouštění předem připravených zvuků (samplů). Postupně tak vznikly tři vrstvy funkčnosti – kontinuální přehrávání nahraného zvuku, impulzy vycházející z nahraného zvuku a přehrávání samplů. Zvuky vytvářené a nahrávané samotnými tanečníky neustále proměňují vstupní zvukový materiál, přičemž jeho transformace se odehrává na základě dvou odlišných interpretací sensorických dat: kontinuální změnou a impulzy (závislými na kalkulaci rychlosti pohybu).

Kontinuálním pohybem (osa X) tanečník primárně přehrává nahraný zvuk a proměňuje jeho barvu pomocí spektrálního filtru (osa Y). Aby nedocházelo k transpozici zvuku v závislosti na proměnné rychlosti přehrávání, použil



Architektura virtuálního nástroje

jsem proces resyntézy v reálném čase. Rotace ruky ve směru osy X určuje polohu přehrávání zvuku od počátku do konce bufferu. Celková délka zvuku nahraného v bufferu je pevně stanovena na pět vteřin a k resyntéze dochází po celé délce jeho trvání. Spektrální filtr je pak kontrolován pohybem ruky ve směru osy Y. Při rotaci zápěstí směrem vzhůru se zesiluje vrchní a při pohybu dolů spodní oblast spektra nahraného zvuku.

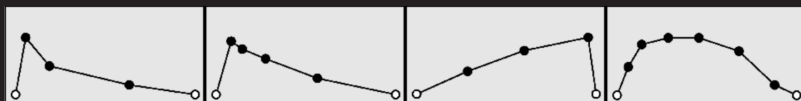
Poté, co jsem ke kontinuálním pohybům senzoru přiřadil funkce transformující nahraný zvukový materiál, jsem se dále zabýval otázkou, jakým způsobem pracovat se stejným zvukem ve vztahu k rychlým pohybovým změnám čili impulzům. Při určování povahy zvuku odpovídajícího pohybovému impulzu jsem vycházel z charakteristiky samotného pohybu. Došel jsem k závěru, že rychlý pohyb se liší jednak kratší dobou, během které se senzor dostane z jednoho bodu v prostoru do druhého, a dále dynamikou gesta. Z těchto dvou hodnot jsem vycházel při přiřazení transformačních parametrů k výchozímu zvukovému materiálu. Pomocí kalkule rychlosti

jsem stanovil gesto „impulzu“, rychlého pohybu. Citlivost na rozpoznání rychlého pohybu je nastavitelná a experimentováním jsem určil práh citlivosti tak, aby rozpoznání impulzu nejlépe odpovídalo individuálnímu vnímání rychlého gesta samotným tanečníkem. Stanovil jsem dvě základní funkce impulzů ve virtuálním nástroji – vytváření zvukových impulzů ze zvuku nahraného v reálném čase do bufferu a dále spouštění předem vytvořených samplů. Oba režimy jsou mezi sebou přepínány osobou kontrolující virtuální nástroj.

Pro vytváření zvukových impulzů z nahraného zvuku rozlišuji čtyři gesta odpovídající rotaci zápěstí vlevo, vpravo, nahoru a dolů. Charakter zvukových impulzů je definován třemi parametry – pozice uvnitř bufferu, dynamický průběh a parametry granulózní syntézy použité při přehrávání impulzů. Tyto tři parametry se aktivují vždy současně a jejich konkrétní nastavení je specifikováno pro každý ze čtyř impulzů zvlášť. Impulz je dlouhý 200 ms a v závislosti na konkrétním gestu se proměňuje jeho počátek, konec a tím i přehrávaná délka úseku uvnitř bufferu. Konkrétně pak rotace vlevo přehraje výšek 2000–4000 ms za 200 ms (tj. výrazně zrychlený zvuk), rotace vpravo výšek 1500–3000 ms za 200 ms, rotace nahoru výšek 2500–5000 ms za 200 ms a rotace dolů výšek 0–1000 ms za 200 ms. Dynamický průběh impulzů je definován čtyřmi různými obálkami. Zmíněná granulózní syntéza je pak zodpovědná za transpozici zvuku a proměnu jeho textury. Jednotlivé výšky nahraného mono zvuku jsou vedeny do dvou granulózních syntezátorů s mírně odlišným nastavením transpozice a délky granulačního zrna. Původní monofonní zvuk se tak promění na „barevnější“ a prostorový stereo zvuk se při každém ze 4 impulzů znatelně liší.

Poslední funkcí patche vytvořeného pro pohybový senzor *Hot Hand* je možnost spouštění pěti samplů. Sample jsou spouštěny tanečníkem pouze při rotaci zápěstím směrem k zemi, tedy spodním impulzem. Tento impulz spustí přehrávání daného samplu a současně připraví sampl následující. Uvedená funkce je použita v části *Umění manipulace*, ve které dává tanečnice nástup ansámblu a současně stejným gestem spouští sample. Následné tvarování nahraného zvuku ansámblu funguje na stejném principu, který byl popsán v odstavci výše.

V závěrečné fázi bylo nutné ověřit, zdali zvolený senzor propojený s vytvořeným patchem přináší výsledky odpovídající předem stanoveným cílům. Je samozřejmé, že během vytváření a následné kalibrace patche jsem s pohybovým senzorem experimentoval, naučil jsem se s ním pracovat jako s nástrojem. Musel jsem tedy zjistit, zdali dané nastavení bude odpovídat



Grafické znázornění dynamického průběhu impulzů

i pohybům dalších osob z různých uměleckých sfér. Zvolil jsem proto 3 kategorie pokusných osob, kterými byli tanečníci, instrumentalisté a dirigent. V případě tanečníků jsem zpočátku pozoroval jistou neobratnost způsobenou nedostatečným uvolněním pohybu. Tím se potvrdila má předchozí hypotéza o pocitu svázanosti tanečního pohybu zvukem. Z toho vyplývá důležitý poznatek – aby došlo k potřebnému uvolnění a sžití s vlastní interaktivní částí těla tanečníka / zvukového interpreta, je nutná důkladná spolupráce skladatele/programátora s tanečním interpretem. Další dvě skupiny, hudební interpreti a dirigent, reagovaly na senzor téměř stejným způsobem a bylo možné sledovat rychlejší sžití s pohybovým systémem oproti tanečníkům. Z toho vyvozují další závěr, že schopnost sžití se s pohybovým senzorem je primárně přímo závislá na vnímání zvuku a jeho proměny. Uvědomování si pohybu je až druhořadým předpokladem pro kontrolu zvuku. Experimentováním s tanečními a hudebními interprety jsem došel k závěru, že pro vědomé ovládání zvuku pohybem je podstatné především vnímání samotného zvuku. Toto zjištění je důležité pro samotný proces zkoušení choreografie s využitím interaktivního systému, které musí být v první fázi postavené na vnímání a tvarování zvuku tanečníkem a teprve v druhé fázi může dojít k propojení s danou choreografií.<sup>30</sup>

30 Jakub Rataj et al. „Dotknout se zvuku“. *Opus musicum*. 2015, roč. 47, č. 4, s. 70–73.