

Syntéza audio signálů

Semestrální práce

ČVUT

Fakulta elektrotechnická

Martin Dostál

Zima 2017/2018

Syntéza Yellow submarine

Bicí/perkusní nástroje

Basový buben

Basový buben je syntetizován součtem 4 složek. Tyto složky jsou:

- Sinusovka s frekvencí přeladovanou zápornou exponenciálou (od 150 Hz k 0 Hz) s činitelem tlumení ($\tau = 0.4$)
- Sinusovka s frekvencí přeladovanou zápornou exponenciálou (od 250 Hz k 0 Hz) s vyšší hodnotou tlumení exponenciály než u předešlé sinusovky ($\tau = 0.3$)
- Sinusovka se sinusově přeladovanou frekvencí ($f_{\text{mod}} = 20$ Hz)
- Rovnoměrný šum filtrovaný dolní propustí o mezní frekvenci $f_c = 1000$ Hz

Na tento součet je posléze aplikována exponenciální obálka.

Virbl

Nejdříve je pomocí aditivní syntézy vytvořena vlna ze tří sinusovek (frekvence 178, 329 a 454 Hz). Tato vlna je zfiltrována pomocí lineárně přeladované dolní propusti. Vlna je dále sečtena s šumem zfiltrovaným dolní propustí o mezní frekvenci 7 kHz. Na výsledný signál je aplikována exponenciální obálka.

Hi-hat (zavřená)

Šum s normálním rozdělením je filtrován dolní propustí, která je přeladována exponenciální funkcí. Následně je na signál aplikována obálka stvořená konkatenací dvou exponenciál (kladné a záporné).

Hi-hat (otevřená)

Otevřená hi-hat je vytvořena dvojnásobným užitím frekvenční modulace (frekvenčně modulovaný signál moduluje signál). Výsledná vlna je dále sečtena s šumem s normálním rozdělením, který je filtrován horní propustí. Na signál je nakonec aplikována obálka stvořená konkatenací dvou exponenciál (kladné a záporné).

Střední tom-tom

Střední tom-tom je vytvořen stejně jako basový buben, pouze přeladování frekvencí jednotlivých komponent je změněno (obecně jsou frekvence vyšší).

Crash činel 1

Dva sinusové oscilátory o frekvencích 5.3 a 4.6 kHz jsou frekvenčně modulovány šumem s normálním rozdělením. K jednomu oscilátoru je šum i přičítán. Oba oscilátory jsou nadále filtrována pásmovou propustí (propouští mezi 4400 a 17600 Hz). Dále se signály mezi sebou vynásobí (ve své podstatě ring modulation). Jako obálka je opět použita obálka složená z kladné a záporné exponenciály.

Crash činel 2

Crash činel 2 je vytvořen stejně jako crash činel 1, jen má jiné frekvence oscilátorů (5.9 a 4.6 kHz) a jiné propustné pásmo pásmové propusti (4400 – 15400 Hz).

Tamburina

První (sinusový) oscilátor s lineárně přeladovanou nosnou frekvencí je frekvenčně modulován pilovou vlnou o frekvenci 1.8 Hz. Druhý oscilátor generuje normálně rozdělený šum. Oba oscilátory jsou filtrovány přeladovanou horní propustí (přeladování záporným polynomem druhého řádu). Oba oscilátory jsou po filtraci vzájemně kruhově modulovány. Jako obálka je použita opět kombinace kladné a záporné exponenciály.

Vysoké bongo

Vysoké bongo je vytvořeno pomocí frekvenční modulace sinusového oscilátoru, který je následně zfiltrován dolní propustí s mezní kmitočtem 1320 Hz. Jako obálka je použita opět kombinace kladné a záporné exponenciály.

Vysoké agogo

Frekvenčně modulovaný ($f_c = 870$ Hz, $f_m = 1.4 \cdot f_c$, $m_i = 4.5$) sinusový oscilátor je filtrován pomocí dolní propusti, která je přeladovaná tlumenou sinusovkou. Tento signál je sečten s šumem s normálním rozdělením, na který je aplikována obálka stvořená spojením dvou exponenciál (kladné a záporné). Na výsledný signál je ještě jednou aplikována již zmiňovaná obálka.

Rolníčky

Rolníčky jsou syntetizovány kombinací aditivní syntézy a frekvenční modulace. Každá ze aditivních složek je frekvenčně modulována sinusovým oscilátorem o frekvenci 2 Hz. Tímto dojde k rozšíření pásma vytvořeného signálu. Dále se k signálu přičte normálně rozdělený šum a výsledný signál se nechá projít hřebenovým filtrem. Nakonec se aplikuje amplitudová obálka vytvořená spojením kladné a záporné exponenciály.

Zvonkový strom

Základ tvoří dva oscilátory – jeden s čtvercovou vlnou ($f_c = 440$ Hz) a jeden s pilovitou vlnou (3.5 násobek f_c). Čtvercový oscilátor je filtrována dolní propustí a následně sčítán s 5X slabším druhým oscilátorem. Na sumu obou oscilátorů je aplikována pásmová propust' (400 – 1500 Hz). Nakonec se aplikuje amplitudová obálka vytvořená spojením kladné a záporné exponenciály.

Netlumené surdo

Netlumené surdo je vytvořeno podobně jako basový buben – jen je vynecháno použití šumu a signál se tak skládá pouze ze tří různě přeladovaných sinusových oscilátorů. Tyto jsou pak sečteny s různými váhami a zfiltrovány horní propustí, která má mezní frekvenci 50 Hz k odstranění nejnižších složek signálu.

Syntetizované ostatní nástroje

Akustická kytara (kovové struny)

Akustická kytara s kovovými strunami je vytvořena pomocí Karplus-Strong algoritmu.

Akustická kytara (nylonové struny)

Akustická kytara s nylonovými strunami je vytvořena pomocí FM syntézy s velkou modulační hloubkou ($l_o = 6$) a $f_m = 1.5 \cdot f_c$. Jako obálka je použita záporná exponenciála.

Kontrabas

Basa je vytvořena pomocí subtraktivní syntézy. Jako korpus je použita obdélníková vlna, která je filtrována dolní propustí o mezní frekvenci 700 Hz.

Vibrafon

Dva oscilátory produkující pilovitou vlnu (jeden je naladěný o 1.5 oktávy výš) jsou sečteny (vyšší oscilátor je přičten s váhou 0.5) a dále amplitudově modulovány trojúhelníkovou vlnou o nízké frekvenci (6 Hz). Modulovaný signál je filtrován dolní propustí. Jako obálka je použita záporná exponenciála.

Sbor (Aah)

Zvuk sboru je vytvořen formantovou syntézou, kde je jako budící signál používán sled pulzů, který je filtrován kaskádou formantových filtrů. Na výsledný signál je dále použit chorus efekt s 10

zpožděnými kopiemi. Signál je nakonec zkonvolován s impulzní odezvou prostoru s dozvukem pro vytvoření reverb efektu.

Tuba

Tuba je vytvořena analýzou zvukového vzorku tuby a následným použitím Chebyshev

ových polynomů pro význačné analyzované frekvence. Jako amplitudová obálka je použita klasická ADSR obálka.

Trombón

Trombón je vytvořen subtraktivní syntézou, kde je jako korpus použita pilovitá vlna. Tato je nejdříve zfiltrována dolní propustí s mezní frekvencí 15 400 Hz. Dále je zfiltrována horní propustí IIR 2. řádu. Nakonec je aplikována klasická ADSR obálka.

Trumpeta

Zvuk trumpety je syntetizován pomocí wavetable syntézy. Je použita klasická ADSR obálka a konvoluční reverb.

Flétna

Flétna je vytvořena kombinací FM a aditivní syntézy. Dva FM ($f_m = 2 \cdot f_c$) oscilátory s různými modulačními hloubkami a jeden sinusový se 14. harmonickou jsou sečteny a škálovány ADSR obálkou, která je vytvořena chirp signálem pro simulaci zachvěvu amplitudy flétny.

Mořský příboj

Zvuk mořského příboje je vytvořen filtrací rovnoměrného šumu přelaďovaným filtrem. Filtr je přelaďovaný chirp signálem pro zachycení „nerytmičného“ zvuku vln.

Stupnice všech nástrojů

Nástroje jsou ve stupnici v následujícím pořadí:

- Basa
- Tuba
- Trombón
- Kytara (kovové struny)
- Flétna
- Trubka
- Vibrafón
- Kytara (nylonové struny)
- Sbor
- Příboj
- Basový buben
- Virbl
- Hihat zavřená
- Hihat otevřená
- Mid tom-tom
- Crash 1
- Crash 2
- Tamburína
- Vysoké bongo

- Vysoké agogo
- Rolničky
- Zvonkový strom
- Netlumené surdo

Vlastní tvorba

Jako skladbu pro vlastní tvorbu jsem si vybral jedno z hlavních témat soundtracku filmu Interstellar, ve kterém hlavní roli zastává zvuk varhan. Bohužel nelze jednoduše sehnat „oficiální“ verzi v MIDI souboru, proto jsem se musel spokojit s fanouškovskou kopií, která je ale nicméně velmi kvalitní.

Varhany

Varhany jsou vytvořeny dvěma pilovými oscilátory, kdy jeden z nich má o oktávu vyšší frekvenci. Tyto dva oscilátory jsou sečteny a dále filtrovány dolní propustí, jejíž mezní frekvence je modulována ADSR obálkou (tímto je vytvořen efekt „bohatnutí“ zvuku v závislosti na čase). Signál je dále zkonvolován s impulzní odezvou větší místnosti pro vytvoření prostorového efektu (reverbu).