

一种可控虚拟乐器音色模型

曹西征, 张 磊, 范海菊

(河南师范大学 计算机与信息技术学院, 河南 新乡 453007)

摘 要: 为了构建虚拟乐器, 提出了一种可控音色模型。该模型包括频谱子模型和振幅包络子模型。保持振幅包络子模型参数不变, 调节频谱子模型参数, 对音色效果进行分析, 找到这些参数对乐器音色的作用规律。分析和实验表明, 该模型可提供对音量、衰减快慢、泛音宽度和泛音位置等方面的控制。与以往硬件合成音色的方法相比, 该软件方法可节省大量的成本, 同时实现音色的可控性。对软件乐器音色的构建和算法作曲具有一定的理论价值和基础意义。

关键词: 计算机音乐技术; 虚拟乐器; 可控音色模型; 音色构建

中图分类号: TP399

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2009)07-0203-03

A Timbre Model of Controllable Virtual Musical Instrument

CAO Xi-zheng, ZHANG Lei, FAN Hai-ju

(College of Computer and Information Technology, Henan Normal University, Xinxiang 453007, China)

Abstract: A controllable timbre model was presented, in order to construct virtual musical instrument. Two sub models, the frequency spectrum model and the amplitude envelope model, were included in this model. The timbre effect was analyzed by modulating the parameters of frequency spectrum model, on condition that the parameter values of amplitude envelope model was invariable. Thus the rules of the parameters acting on the instrument timbre were found. The analyses and experiments show that this model can control the volume, the attenuation speed, the overtone width, and the overtone location. Compared with the method by hardware timbre-compose, this software method can economize costs greatly and can make the timbre controllable. So it is of important theoretical value and fundamental significance for the timbre construction of software musical instrument and for the algorithm music composition.

Key words: computer music technology; virtual musical instrument; controllable timbre model; timbre construction

0 引言

随着计算机应用于音乐领域的不断深入, “计算机音乐技术”已成为一个学术术语, 并逐渐被研究者所接受。在此技术中, 对音色的合成研究是基础工作, 这是因为音色是音乐最重要的表现手段之一, 音乐的审美与音色是相关的^[1]。无论什么样的音乐, 音色都不可缺少。

目前, 电子音色的产生基本都是通过硬件方式, 将音色库固化到硬件中。但这种方法只能选择乐器, 而不能调节乐器和修改乐器, 同时还需要较高的硬件成本。因此, 虚拟乐器, 或叫软件乐器, 这种通过软件方法, 利用振动的基本规律构建的乐器, 越来越引起研究者的关注。此方法可对自动音乐作曲^[2]提供音响基

础。基于内容的音乐信息分析和处理也越来越成为声音信息研究的热点^[3]。当然, 目前对软件乐器音色方面的研究还比较薄弱^[4]。

文中就是构建这样一种可控性的虚拟乐器, 通过建模的方法, 并对模型进行参数分析, 以找到控制的规律, 实现有目的的音色控制。

1 可控音色模型的建立与分析

音色建模的出发点是音色的决定要素。由于音色是由频谱特征和振幅包络决定的^[5], 因此, 音色模型可建立为两个部分: 一是振幅包络子模型, 二是频谱子模型。

1.1 振幅包络子模型

振幅包络指的是乐器发出某一音符后, 振幅的整体形态。它对音色有重要的影响。建立振幅包络模型如式(1), 其示意图如图1所示。

$$E(t) = \begin{cases} (E_1 - E_2) \sin(2\pi \cdot t/t_0) + E_2 \\ E_2 \exp[-a(t - t_0)] \end{cases} \quad (1)$$

式(1)中, $E(t)$ 为振幅包络函数, E_1 、 E_2 为两段的振幅

收稿日期: 2008-11-06; 修回日期: 2009-01-22

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(60873104); 河南省科技攻关项目(082102210107)

作者简介: 曹西征(1977-), 男, 山东莒县人, 副教授, 博士, 研究方向为计算机音乐技术、多媒体技术。

极值; t_0 为两段的时间分界; a 为第二段的衰减系数。笔者在做分析和实验时, 取 $E_1 = 1, E_2 = 0.6, t_0 = 0.2, a = 0.5$, 并保持不变。

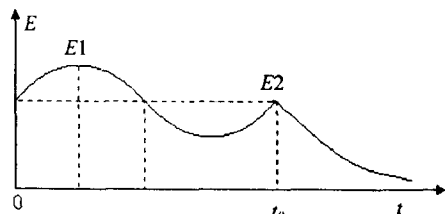


图 1 振幅包络图

1.2 频谱子模型

频谱子模型表达的是各个泛音的振幅峰值系数与泛音次数之间的关系。为了实现可控化, 这里频谱子模型建立为式(2):

$$A_c(i) = (c_1/w) \exp\{-c_2[(i-l)/w]^2\} \quad (2)$$

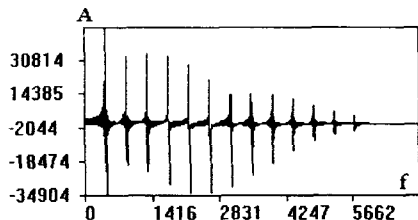
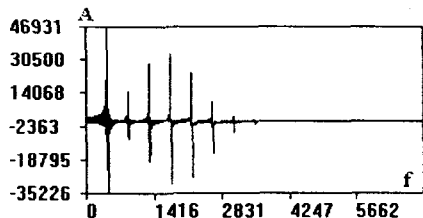
式(2)中, i 为泛音次数; $A_c(i)$ 为第 i 次泛音的振幅峰值系数, $A_c(i) = A(i)/A(0)$, $A(i)$ 为第 i 次泛音的振幅峰值, $A(0)$ 为基音的振幅峰值; c_1, c_2, w, l 分别为频谱系数。下面分析这四个频谱系数对音色的作用规律。在分析某一系数时, 保持其它三个系数不变。几种分析中, 都是以第一国际音高 a^1 音为例, $f(a^1) = 440\text{Hz}$ 。在分析频谱时, 采用一维离散余弦变换(DCT)方法^[6,7]。

由公式(2)可知, $A_c(i)$ 正比于 c_1 , 因此, c_1 可看成是响度因子, 通过调节 c_1 可获取音量的大小。

1.2.1 c_2 对音色的影响

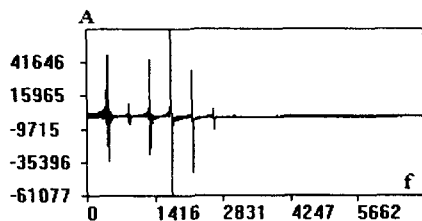
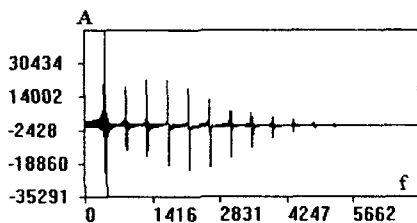
保持系数 $c_1 = 1.5, w = 2, l = 3$ 不变, 分别取 $c_2 = 0.1, c_2 = 0.9$, 其 DCT 频谱分别如图 2 和图 3 所示。

图 2 和图 3 中, 泛音的振幅峰值大小指的是各泛音在纵向上的绝对值(即线段的长短)。最左边的即基音(第零次泛音)的振幅峰值, 其频率为 440Hz, 向右分别为第一次、第二次、...、第 n 次泛音。比较图 2 和图 3, 可以看出, 除了基音之外, 第三泛音的振幅峰值最大, 这是由 $l = 3$ 决定的。在 c_2 的值较小($c_2 = 0.1$) 时, 泛音区域衰减的很慢, 而在 c_2 的值较大($c_2 = 0.9$) 时, 泛音衰减的很快, 因此 c_2 可称之为泛音衰减系数或强泛音区域变化快慢因子。在音色上, 图 2 表现为相对生硬, 图 3 表现为相对柔和。

图 2 $c_2 = 0.1$ 时的频谱图图 3 $c_2 = 0.9$ 时的频谱图

1.2.2 w 对音色的影响

保持系数 $c_1 = 1.5, c_2 = 0.5, l = 3$ 不变, 分布取 $w = 1, w = 3$, 其 DCT 频谱分别如图 4 和图 5 所示。

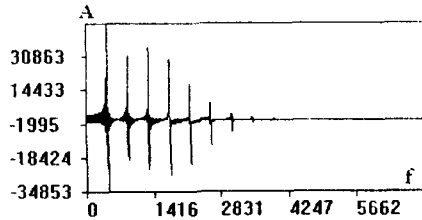
图 4 $w = 1$ 时的频谱图图 5 $w = 3$ 时的频谱图

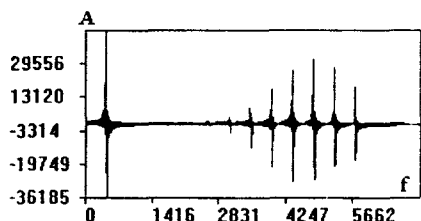
比较图 4 和图 5, 可以看出, 在 w 取值较小($w = 1$) 时, 强泛音(第三次泛音)的区域比较窄, 但强泛音的振幅峰值较大; 在 w 取值较大($w = 3$) 时, 强泛音的区域比较宽, 但强泛音的振幅峰值较小。因此, w 可看成是强泛音区域宽窄因子和强泛音峰值因子。在音色上, 图 4 表现为相对单薄, 图 5 表现为相对丰满。

1.2.3 l 对音色的影响

保持系数 $c_1 = 1.5, c_2 = 0.5, w = 2$ 不变, 分布取 $l = 2, l = 10$, 其 DCT 频谱分别如图 6 和图 7 所示。

比较图 6 和图 7, 可以看出, 在 $l = 2$ 时, 强泛音为第二次泛音, 而 $l = 10$ 时, 强泛音为第十次泛音。两图中强泛音区域大小没有什么变化, 只是强泛音的位置发生了改变, 因此 l 可以看成是强泛音位置因子。在音色上, 图 6 表现为集中, 图 7 表现为相对呆板。

图 6 $l = 2$ 时的频谱图

图7 $l = 10$ 时的频谱图

1.3 音色模型的建立

最终的音色模型可总结为式(3):

$$A(p, t) = E(t) \sum_{i=1}^n \{A_c(i) A \sin[2\pi \cdot i f(p) t]\} \quad (3)$$

模型(3)的建立是基于声音的振动规律,在此模型中, p 为绝对音高,其取值范围为 $1 \sim 88$, t 为时间, $f(p)$ 为基音的振动频率, A 为基音的振幅峰值。该模型提供了可控虚拟乐器的音色接口,即 c_1, c_2, w 和 l ,分别称为音量控制按钮,泛音衰减快慢按钮,强泛音区域范围设置按钮和强泛音位置按钮。这样,就可以通过这四个接口实现音色的可控性。

2 实验

在VC++平台下,利用绘图函数,可画出 a^1 音在两个振动周期内的波形图。在这里,数字音频的格式^[8]为:量化位数16bit,采样频率44.1kHz,双声道。取音色控制参数 $c_1 = 1.5, c_2 = 0.5, w = 5$,在 $l = 3$ 时的波形如图8所示, $l = 9$ 时的波形如图9所示。

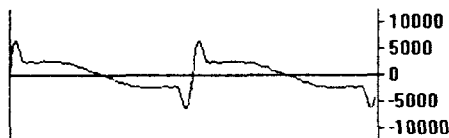
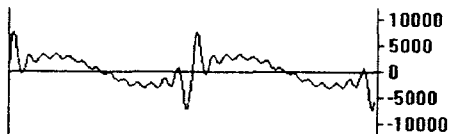
图8 $l = 3$ 时的频谱图图9 $l = 9$ 时的频谱图

图8和图9中,由于 $w = 5$,泛音较宽,因此音色比较丰满。图8中强泛音的位置在第3次,在低频段泛音丰富,因此其音色表现为力度较强;图9中强泛音的位置在第9次,在高频段泛音较强,因此音色有发散和明亮的感觉。

本实例是强泛音位置的可控性的实验。同理,如果分别调节 c_1, c_2 和 w ,则可分别实现音量、谐波衰减、泛音宽度的调节,实现音色的可控性。

3 结束语

介绍了一种可控虚拟乐器音色的框架,通过接口按钮可实现音色在各方面属性的调节,以生成自己需要的音色。在分析各种参数对音色的影响时,实际上是在寻找音色控制的规律性和方向性,以实现有目的的调节。通过分析和实验可知,调节 c_1, c_2, w 和 l 可分别实现对音量、衰减快慢、强泛音宽度和强泛音位置的调节。当然在分析和实验时,只考虑频谱因素,如果将振幅包络参数也进行调节,则可实现音色的更大范围、更多效果等多方位的控制和调节。

显然,与目前的硬件模式的乐器相比,文中的虚拟乐器是通过软件方法合成自己想要的音色,方便了音色的控制,增加了音色的多样性和灵活性,充分发挥了计算机音色这种丰富多彩的优势^[9]。同时节省了大量的成本。

另外,由于音色是音乐中很重要的信息,因此在基于内容的音乐检索^[10]中,该研究也有一定的指导意义。

参考文献:

- [1] Jean-Julien A, Pachet F, Sandler M, et al. The Way It Sounds: Timbre Models for Analysis and Retrieval of Music Signals[J]. IEEE Transactions on Multimedia, 2005, 7(6): 1-8.
- [2] Ayesh A, Hugill A. Genetic Approaches for Evolving Form in Musical Composition[C]//Proceedings of the 23rd IASTED International Multi-Conference Artificial Intelligence and Applications. Innsbruck, Austria: [s. n.], 2005.
- [3] 张一彬, 周杰, 边肇祺, 等. 基于内容的音频与音乐分析综述[J]. 计算机学报, 2007, 30(5): 712-729.
- [4] Tardieu D, Rodet X. An Instrument Timbre model for Computer Aided Orchestration[C]//2007 IEEE Workshop on Applications of Signal Processing to Audio and Acoustics, New Paltz, NY: [s. n.], 2007.
- [5] 黄忱宇. 电子音乐与计算机音乐基础理论[M]. 北京: 华文出版社, 2005: 40-42.
- [6] 马翼平, 韩纪庆. DCT域音频水印: 嵌入对策和算法[J]. 电子学报, 2006, 34(7): 1260-1264.
- [7] 由守杰, 柏森, 曾辉. 鲁棒的混合域音频信息隐藏算法[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(3): 169-173.
- [8] 郑阿奇, 刘毅. 多媒体实用教程[M]. 北京: 电子工业出版社, 2007: 13-30.
- [9] 陈旭. 电脑音乐的音色优势与创编理念[J]. 湛江师范学院学报, 2008, 29(2): 112-115.
- [10] 李晨, 周成全. 音频检索技术研究[J]. 计算机技术与发展, 2008, 18(8): 215-219.