Remote Cooperation System of Sound Synthesis Based on Internet

Tenghe Ao[1], He Meng[2]
[1]*1. Network and information center, Inner Mongolia university, Hohhot, China*
[2] *Network center, Inner Mongolia electric power science research institute, Hohhot, China*
Email:[1]th@imu.edu.cn, [2] menghe2008@sina.com

Abstract: The significance of remote cooperation system of sound synthesis is introduced. The feasibility and technical matters of remote synthesizing in network environment are discussed, and the practical solution of this system is designed and proposed. We conduct necessary experiments and present the results, also we discuss the deployment problems on how to apply our systems in terms of music production, and the merit of this system are summarized in the conclusion.

Keywords: digital music; sound synthesis; remote control; MIDI

基于互联网的音频合成远程协作系统

敖腾河[1]，孟　和[2]
[1] 内蒙古大学网络信息中心，呼和浩特，中国，010021
[2] 内蒙古电力科学研究院，呼和浩特，中国，010021
Email: [1]th@imu.edu.cn, [2] menghe2008@sina.com

摘　要：介绍了音频合成远程协作系统的现实意义，分析了通过网络进行音频合成的可行性和需要解决的技术问题，设计并实现了一种实用的远程协作方案，对其工作原理和流程进行了阐述，给出了典型的系统实例，对其在音乐制作过程中的应用及优点进行了讨论。

关键词：数字音乐；音频合成；远程控制；MIDI

1 引言

音频合成是编曲键盘、合成器、音源等数字音乐设备的核心技术，它直接决定了设备的音色特性和质量。在目前的音乐制作系统中，音频合成任务只能直接在物理设备上完成，或使用专用连接器做一些短距离的互操作，不同的设备，特别是异地设备之间无法直接进行数据交换，因此给音乐资源的共享和协作带来很大限制。

2 远程音频合成的可行性分析

2.1 数字合成器的音频合成原理

数字合成器的音频合成技术包括基于采样和基于算法两种类型，前者依赖于设备的采样技术和采样数据，一般用于还原传统乐器；后者则以简单波形为基础，通过对合成参数的控制，得到不同特性的音色，适用于制作电子音色。

通过网络来进行音频合成，由于设备的数据和指令已完成数字化处理，仅需要在最终的回放过程中还原为模拟音频信号，因此所有与合成有关的数据都可完成无损失的转换。

关于音乐设备对数字信号的传输和响应，MIDI（Musical Instrument Digital Interface）乐器数字接口规范提供了部分合成操作的定义[1]。本系统将在现有 MIDI 控制功能的基础上，根据实际需求扩充新的定义，并由通讯双方共同遵守。

2.2 需要解决的关键技术问题

2.2.1 网络环境对合成指令及数据的影响

由于 MIDI 规范定义的合成功能有限，且存在相当数量的非标准指令，因此需要根据具体的应用任务确定指令的语意。另一方面，MIDI 规范的适用范围是近距离的串行通讯，并未提供足够的检错、纠错机制，因此互联网相对较低的传输质量将对数据的准确性带来直接影响，进而使音频合成结果产生误差。

为解决这一问题，系统在数据结构及响应流程中，需要对指令和数据的可靠性提供保证，除避免由误码导致的错误，还应对语意异常的指令进行检测和屏蔽。

2.2.2 不同设备合成方式的兼容性

数字音乐设备种类繁多，不同的生产商，甚至同一生产商的不同产品之间，也往往有着较大的区别。因此，系统需要对合成方式、数据组织等进行恰当的归纳和二次构造，使得不同设备间可以通过相对一致的指令完成合成任务。系统的交互双方均利用本方的客户机进行数据交换，对原始 MIDI 指令及其语意做双向的一致性处理，使设备的实际合成过程对操作双方保持透明。

综上所述，系统在完成适合于网络环境的技术处理后，可以满足预期的需求。

3 系统设计与实现

3.1 主要合成参数的数据表示

3.1.1 包络数据

包络曲线由击键、衰减、延迟、释键四个值共同决定，是确定声音特性的主要参数[2]。对于数字合成器，包络参数被定义为离散型数据，取值在 0 至 127 之间，或按比例映射到其它区间。同时，虽然包络曲线是封闭的，但参数的四个分量需要独立控制，且最终曲线的构造和响应由设备端完成，因此实际通过网络进行交换的数据应为曲线特征点的取值。

包络参数中的任何一个分量，都将直接影响声音的基本特性。例如，如果释键参数过高，将会在接收端导致持续发音而不能被终止的不良状态。为避免由于数据错误或丢失造成异常的包络曲线，需要将各参数分量整合为一个数据片段，这样可以使任何对包络的修改都以“组”的方式完成，即保证曲线的完整性。

3.1.2 LFO（Low Frequency Oscillator）数据

LFO 是指产生频率在 0.1 赫兹到 10 赫兹交流信号的低频振荡器，用于对音高、滤波等参数的调制，使其能够完成周期性的连续变化。由于 LFO 是作为某个调制对象的变化轨迹，不需要复杂的波形，因此系统仅给出该波形的数学描述即可，不必提供信号的采样。同时， LFO 是合成设备的基本模块之一，且具有良好的一致性，因此在设备端的信号还原是可靠的。

图 1 是以正弦波为 LFO 基础波形，实现周期性扫频的实例，其中 A、B 时刻对应的截止频率分别为 x 和 y，波形描述数据的各字段依次为：操作序号、波形代码、振幅、频率及调制深度。

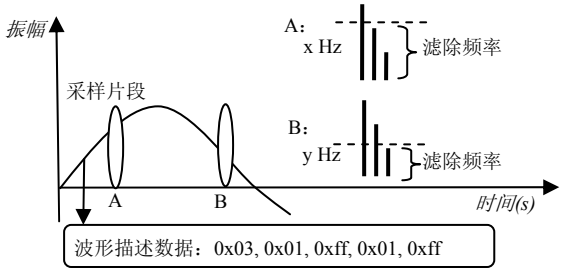

Figure 1. Sweep effect based on sine wave
图 1. 基于正弦波的扫频效果

3.2 核心功能的实现

系统包括源端数据采集、数据构造、数据交换、数据还原、目的端响应等模块，总体结构如图 2 所示。

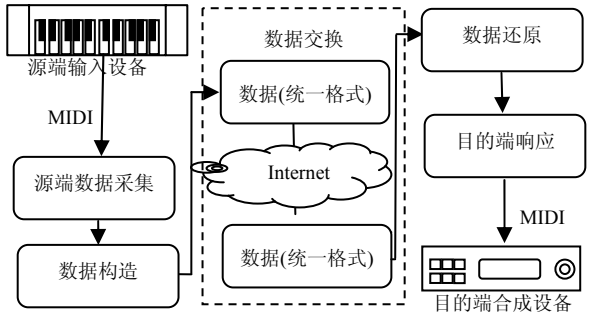

Figure 2. General structure of system
图 2. 系统总体结构

3.2.1 源端数据采集

对于一个特定的音色制作流程，操作者需要通过 MIDI 键盘发出指令和操作数，此时数据来源为设备的 MIDI 输出端口。在传统应用模式下，生成的原始指令和操作数将通过 MIDI 电缆发送给其它设备。而在本系统中，由于需要计算机进行二次处理，MIDI 信号将由设备的 MIDI 输出端口送至计算机的串行通讯口或 USB 适配器端口，完成对指令和操作数的采集。

3.2.2 数据构造

由于指令在不同设备中的定义有差异，如果直接交换原始 MIDI 信号，将可能导致合成结果的混乱，因此

978-1-935068-42-6 © 2010 SciRes.

在本模块中需要根据指令的功能和携带的操作数，将其构造为统一的数据格式，并保证其语意的一致性。

例如，对于包络编辑操作，根据指令的语意，转换后的一组数据片段为：

0x01，0x64，0x3F，0x3F

各字段分别对应包络编辑的序号、起音值、衰减值、以及释键值。考虑到不同设备间的区别，系统需要维持一套独立的指令映射集合，操作双方根据本方的指令定义进行初始化，并在执行数据交换模块前完成对原始 MIDI 信号的转换。

3.2.3 数据交换

为实现在网络环境下的合成数据交换，系统将协商并维持操作双方的逻辑链路，包括连接的建立和拆除、双方设备基本数据的发布和确认等。为避免由于不恰当的指令引发设备错误，或干扰设备的响应结果，系统对远程操作做出了必要的限制，不允许发送试图改变设备关键特性的指令，例如时钟同步指令等。

考虑到在实际应用中客户端接入方式的不确定性，系统以 B/S 构架实现，即操作双方仅负责与服务器的通讯，而源端到目的端的逻辑链路由服务器建立和维持。这种模式降低了对客户端的要求，使得以私有网络方式接入的主机也可以实现与远程设备的通讯和互操作。

3.2.4 数据还原

根据系统的工作流程，目的端通过网络得到的数据并不符合 MIDI 格式，因此不能直接转发给设备进行响应。本模块将参照 3.2.2 小节所述指令映射集合，将收到的数据还原为用于数字音乐设备的 MIDI 指令，并保证其语意的合法性。

例如，在一组调制操作中，收到的 LFO 数据为：

0x02，0x30，0x63，0x50

则目的端将其还原为如下 MIDI 指令：

LFO 速度：CC#76=48

LFO 深度：CC#77=99

LFO 延迟：CC#78=80

3.2.5 目的端响应

本模块负责完成计算机与数字音乐设备间的通讯，并在交互双方的设备端协同工作。由于设备的 MIDI 输入和输出通道具有独立性，因此在网络带宽提供足够支持的环境下，通过 3.2.3 节建立的逻辑链路，可以完成实时互操作。

4 系统实例

系统已完成原理性验证实验，源端和目的端设备分别采用 CME UF6 控制器和 Korg pa500 编曲键盘。

- 双方交换的数据为：

  0x09，0x10，0x5F，0x5F

  0x01，0x0F，0x20，0x20

- 目的端实际执行的 MIDI 指令序列为：

  CC#99=1，CC#98=8，CC#06=16

  CC#99=1，CC#98=9，CC#06=95

  CC#99=1，CC#98=10，CC#06=95

  CC#99=1，CC#98=99，CC#06=15

  CC#99=1，CC#98=100，CC#06=32

  CC#99=1，CC#98=102，CC#06=32

实验完成了对声音采样的包络修改，并在目的端形成了正确的颤音效果。

5 总结

本文设计并实现的远程音频合成技术，能够在互联网范围内，完成异地设备之间的音频制作、编辑等任务。系统延续了数字音乐设备的固有优势，同时，由于实现了网络环境下双方设备的互操作功能，有效地提高了系统的共享性和灵活性，丰富了音色制作的手段，将有助于音乐工作者提高创作效率、分享创作成果，并为网络环境下其它音乐系统的进一步开发提供了良好的平台。

References (参考文献)

[1] Shen Changsong, Luo Xiaopei, The Research and Development of Music Synthesis Technology of MIDI[J], Microcomputer Development, 2001, 5, p1(Ch).
沈昌松，罗晓沛，MIDI 音乐合成的研究与实现[J]，微机发展，2001, 5，p1.

[2] Chen Aiping, Li Cong, MIDI Music FM Synthesizer Based on FPGA[J], Electroacoustic Parts and Circuit, 2008, 32(1), p35(Ch).
陈爱萍，李聪，基于 FPGA 的乐器数字接口音乐 FM 合成器[J]，电声器件与电路，2008, 32(1)，p35.

[3] Wu Lina, Digital Audio Compression Coding and the Realization of Players[J], Journal of Wuhan Automotive Polytechnic University, 2005, 27(5), p142-143(Ch).
吴丽娜，数字音频压缩编码及其播放器的实现[J]，武汉理工大学学报(信息与管理工程版)，2005, 27(5)，p142-143.