



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 101399034 B

(45) 授权公告日 2012.06.27

(21) 申请号 200810149488.9

(22) 申请日 2008.09.18

(30) 优先权数据

255143/07 2007.09.28 JP

(73) 专利权人 雅马哈株式会社

地址 日本静冈县

(72) 发明人 古川令 藤原佑二

(74) 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

11105

代理人 邸万奎

(51) Int. Cl.

G10F 1/02 (2006.01)

G10F 1/00 (2006.01)

G10H 1/00 (2006.01)

(56) 对比文件

CN 1801318 A, 2006.07.12,

US 5254804 A, 1993.10.19,

JP 特开 2005-141246 A, 2005.06.02,

US 2006/0123976 A1, 2006.06.15,

EP 0239917 A2, 1987.10.07,

审查员 刘子菡

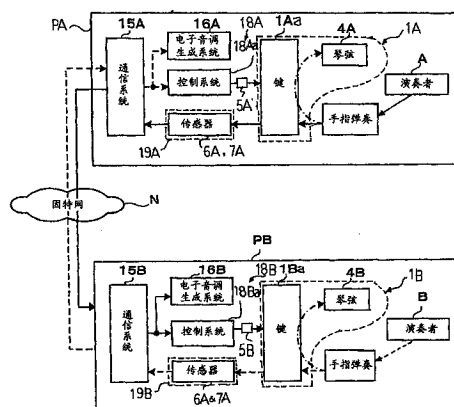
权利要求书 5 页 说明书 30 页 附图 21 页

(54) 发明名称

用于音乐会话的音乐演奏系统和组成乐器

(57) 摘要

一种用于音乐会话的音乐演奏系统和组成乐器。自动演奏器钢琴 (PA, PB) 和因特网 (N) 形成用于通过自动演奏器钢琴 (PA, PB) 之间的数据通信而在自动演奏器钢琴 (PA, PB) 上进行音乐会话的音乐演奏系统, 并且在数据发送和数据接收之间以及在数据接收和音调生成之间不可避免地引入通信时间迟延和机械时间迟延; 通过采用电子音调生成 (16B/16A)、键位置的推测、或者键事件的推测, 补偿所述时间迟延之一或全部, 使得从属自动演奏器钢琴 (PB/PA) 与通过主自动演奏器钢琴 (PA/PB) 生成的音调几乎同时地生成所述音调。



1. 一种用于在多个乐器上的音乐演奏的音乐演奏系统,包括:

主乐器 (PA/PB, PC/PD, PE/PF, PG/PH), 其包含:

多个操纵器 (1Aa/1Ba), 被选择性地移动用于指定要产生的音调,

转换器 (6A/6B, 7A/7B), 监控所述多个操纵器 (1Aa/1Ba), 并产生检测信号 (S1, S2), 所述检测信号 (S1, S2) 代表表示所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 移动的物理量,

信息处理系统 (13, 14 ; 25A/25B ; 29A/29B), 被连接到所述转换器 (6A/6B, 7A/7B), 并且基于所述物理量产生表示在所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 上的演奏的演奏数据, 和

通信系统 (15A/15B), 被连接在所述信息处理系统 (13, 14 ; 25A/25B ; 29A/29B) 和通信信道 (N) 之间, 用于通过所述通信信道 (N) 发送所述演奏数据 ; 从属乐器 (PB/PA ; PD/PC ; PF/PE ; PH/PG), 其包含:

另一通信系统 (15B/15A), 被连接到所述通信信道 (N), 并从所述通信系统 (15A/15B) 接收所述演奏数据,

其它操纵器 (1Ba/1Aa), 用于指定要产生的音调,

多个致动器 (5), 被提供用于所述其它操纵器 (1Ba/1Aa), 并被驱动信号 (S3) 选择性地激励, 以便引起所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 在轨迹上的移动,

机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8), 被连接到所述其它操纵器 (1Ba/1Aa), 并且当所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 强力地驱动所述机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8) 时产生原声音调,

电子音调生成系统 (16B/16A), 用于基于所述演奏数据产生电音调, 和

控制系统 (18Ba/18Aa), 被连接到所述另一通信系统 (15B/15A)、所述多个致动器 (5) 和所述电子音调生成系统 (16B/16A), 并且将基于所述演奏数据产生的所述驱动信号 (S3) 选择性地提供给所述多个致动器 (5), 以便选择性地地在所述轨迹上移动所述其它操纵器 (1Ba/1Aa), 以及将所述演奏数据提供给所述电子音调生成系统 (16B/16A), 以便产生所述电音调,

其特征在于还包括:

延迟消除器 (20, S6/S 12 ; 25A/25B, 26A/26B, 26C/26D ; 29A/29B), 被 与 所述信息处理系统 (13, 14 ; 25A/25B ; 29A/29B)、电子音调生成系统 (16B/16A)、和控制系统 (18Ba/18Aa) 中的至少一个相关联地提供, 以便减小所述演奏数据的发送和所述电音调或所述原声音调的生成之间的延迟时间, 其特征在于,

所述延迟消除器 (25A/25B, 26A/26B, 26C/26D) 具有:

预估计器 (25A/25B ; 26A/26B), 其推测在比当前时刻滞后所述延迟时间的至少一部分的时刻处的所述物理量, 以便使所述演奏数据含有表示所推测的物理量的运动数据,

选择器 (10), 用于选择所述机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8), 和

控制器 (20, S49-S58 ; 26C/26D), 其使所述多个致动器 (5) 强迫所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 具有所推测的物理量, 由此所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 强力地驱动所述机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8), 以便产生所述原声音调。

2. 如权利要求 1 所述的音乐演奏系统, 其中, 所述主乐器 (PA/PB ; PC/PD ; PE/PF ; PG/PH) 还包含另一机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8), 被连接到所述多个操纵器 (1Aa/1Ba), 并且当所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 强力地驱动所述另一机械音调生成系统 (2, 3, 4, 8) 时产生原声音调, 使得所述从属乐器 (PB/PA ; PD/PC ; PF/PE ; PH/PG) 与通过所述主乐器 (PA/PB ; PC/

PD ;PE/PF ;PG/PH) 产生的所述原声音调同时生成所述电音调或所述原声音调。

3. 如权利要求 1 所述的音乐演奏系统,其中,所述延迟消除器 (25A/25B,26A/26B,26C/26D) 还具有实验器 (10, S35-S38 ;10, S68-S73, S74A-S77 ;20, S78A-S82),其确定所述延迟时间的量,并向所述预估计器 (25A/25B ;26A/26B) 通知所述延迟的所述量。

4. 一种用于在多个乐器上的音乐演奏的音乐演奏系统,包括 :

主乐器 (PA/PB, PC/PD, PE/PF, PG/PH),其包含 :

多个操纵器 (1Aa/1Ba),被选择性地移动用于指定要产生的音调,

转换器 (6A/6B,7A/7B),监控所述多个操纵器 (1Aa/Ba),并产生检测信号 (S1, S2),所述检测信号 (S1, S2) 代表表示所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 移动的物理量,

信息处理系统 (13, 14 ;25A/25B ;29A/29B),被连接到所述转换器 (6A/6B,7A/7B),并且基于所述物理量产生表示在所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 上的演奏的演奏数据,和

通信系统 (15A/15B),被连接在所述信息处理系统 (13, 14 ;25A/25B ;29A/29B) 和通信信道 (N) 之间,用于通过所述通信信道 (N) 发送所述演奏数据 ;

从属乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG),其包含 :

另一通信系统 (15B/15A),被连接到所述通信信道 (N),并从所述通信系统 (15A/15B) 接收所述演奏数据,

其它操纵器 (1Ba/1Aa),用于指定要产生的音调,

多个致动器 (5),被提供用于所述其它操纵器 (1Ba/1Aa),并被驱动信号 (S3) 选择性地激励,以便引起所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 在轨迹上的移动,

机械音调生成系统 (2,3,4,8),被连接到所述其它操纵器 (1Ba/1Aa),并且当所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 强力地驱动所述机械音调生成系统 (2,3,4,8) 时产生原声音调,

控制系统 (18Ba/18Aa),被连接到所述另一通信系统 (15B/15A) 和所述多个致动器 (5),并且将基于所述演奏数据产生的所述驱动信号 (S3) 选择性地提供给所述多个致动器 (5),以便选择性地在所述轨迹上移动所述其它操纵器 (1Ba/1Aa),以及

延迟消除器 (20, S6/S 12 ;25A/25B,26A/26B,26C/26D ;29A/29B),被与所述信息处理系统 (13,14 ;25A/25B ;29A/29B) 和控制系统 (18Ba/18Aa) 中的至少一个相关联地提供,以便减小所述演奏数据的发送和所述原声音调的生成之间的延迟时间,

其特征在于,

其中,所述延迟消除器 (29A/29B) 具有预估计器 (20, S101-S105),其推测在比当前时刻滞后所述延迟时间的至少一部分的时刻处的音调生成,以便使所述演奏数据含有表示所推测的音调生成的事件数据。

5. 如权利要求 4 所述的音乐演奏系统,其中,所述延迟消除器 (29A/29B) 还具有实验器 (20, S107A-S111),其确定所述延迟时间的量,并向所述预估计器 (20, S101-S105) 通知所述延迟的所述量。

6. 如权利要求 4 所述的音乐演奏系统,其中,所述主乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 还包含另一机械音调生成系统 (2,3,4,8),被连接到所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且当所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 强力地驱动所述另一机械音调生成系统 (2,3,4,8) 时产生原声音调,使得所述从属乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG) 与通过所述主乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 产生的所述原声音调同时生成所述原声音调。

7. 如权利要求 6 所述的音乐演奏系统,其中,所述主乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 还包含:

其它致动器 (5),其被提供用于所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且被驱动信号 (S3) 选择性地激励,以便引起所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 在轨迹上的移动,

另一电子音调生成系统 (16A/16B),其在所述演奏数据的基础上产生电音调,和

另一控制系统 (18Aa/18Ba),被连接到所述通信系统 (15A/15B)、所述其它致动器 (5)、以及所述另一电子音调生成系统 (16A/16B),并且将在所述演奏数据的基础上产生的所述驱动信号 (S3) 选择性地提供给所述其它致动器 (5),以便选择性地地在所述轨迹上移动所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),以及将所述演奏数据提供给所述另一电子音调生成系统 (16A/16B),以便产生所述电音调,

并且其中,所述从属乐器还包含:

另一转换器 (6B/6A,7B/7A),其监控所述其它操纵器 (1Ba/1Aa),并且产生检测信号 (S1, S2),所述检测信号 (S1, S2) 代表表示所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 的运动的物理量,和

另一信息处理系统 (13, 14 ;25B/25A ;29B/29A),被连接到所述另一转换器 (6B/6A, 7B/7A),并且基于所述物理量产生表示所述其它操纵器 (1Ba/1Aa) 上的演奏的演奏数据,

其中,通过所述通信信道 (N) 在所述通信系统 (15A)和所述另一通信系统 (15B) 之间双向传播所述演奏数据,使得在主乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 和所述从属乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG) 二者上彼此同步地同时演奏音乐。

8. 一种形成音乐演奏系统的一部分的乐器 (PA PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH),包括:

多个操纵器 (1Aa/1Ba),被选择性地移动用于指定要产生的音调;

转换器 (6A/6B,7A/7B),监控所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且产生检测信号 (S1, S2),所述检测信号 (S1, S2) 代表表示所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 运动的物理量;

信息处理系统 (20/21/22/23/15a),被连接到所述转换器 (6A/6B ;29A/29B),并且基于所述物理量产生表示在所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 上的演奏的演奏数据;

通信系统 (15A/15B),被连接在所述信息处理系统 (20/21/22/23/15a) 和通信信道 (N) 之间,用于通过所述通信信道 (N) 将所述演奏数据发送到另一乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ; PH/PG);以及

延迟消除器 (25A/25B,26A/26B ;29A/29B),被与所述信息处理系统相关联地提供,以便减小在所述演奏数据的发送和通过所述另一乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG) 的电音调或原声音调的生成之间的延迟时间,

其特征在于,

所述延迟消除器具有预估计器 (20, S40-S45),其推测在比当前时刻滞后所述延迟时间的至少一部分的时刻处的所述物理量,以便使所述演奏数据含有表示所推测的物理量的运动数据。

9. 如权利要求 8 所述的乐器,其中,所述延迟消除器 (25A/25B,26A/26B) 还具有实验器 (20, S35-S38 ;20, S68-S73 ;20, S74A-S77 ;20, S78A-S82),其确定所述延迟时间的量,并向所述预估计器 (20, S40-S45) 通知所述延迟的所述量。

10. 如权利要求 8 所述的乐器,还包括音调生成系统 (2/3/4/8,16A/16B),被连接到所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且响应所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 的移动,用于产生通过所述

多个操纵器 (1Aa/1Ba) 指定的音调。

11. 一种形成音乐演奏系统的一部分的乐器,包括:

多个操纵器 (1Aa/1Ba),被选择性地移动用于指定要产生的音调;

转换器 (6A/6B,7A/7B),监控所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且产生检测信号 (S1,S2),所述检测信号 (S1,S2) 代表表示所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 移动的物理量;

信息处理系统 (20/21/22/23/15a),被连接到所述转换器 (6A/6B ;29A/29B),并且基于所述物理量产生表示在所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 上的演奏的演奏数据;

通信系统 (15A/15B),被连接在所述信息处理系统 (20/21/22/23/15a) 和通信信道 (N) 之间,用于通过所述通信信道 (N) 将所述演奏数据发送到另一乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG) ;以及

延迟消除器 (25A/25B,26A/26B ;29A/29B),被与所述信息处理系统相关联地提供,以便减小在所述演奏数据的发送和通过所述另一乐器 (PB/PA ; PD/PC ;PF/PE ;PH/PG) 的电音调或原声音调的生成之间的延迟时间,

其特征在于,

所述延迟消除器 (29A/29B) 具有预估计器 (20,S101-S105),其推测在比当前时刻滞后所述延迟时间的至少一部分的时刻处的音调生成,以便使所述演奏数据含有表示所推测的音调生成的事件数据。

12. 如权利要求 11 所述的乐器,其中,所述延迟消除器 (29A/29B) 还具有实验器 (20,S107A-S111),其确定所述延迟时间的量,并向所述预估计器 (20,S101-S105) 通知所述延迟的所述量。

13. 如权利要求 11 所述的乐器,还包括音调生成系统 (2/3/4/8,16A/16B),被连接到所述多个操纵器 (1Aa/1Ba),并且响应所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 的移动,用于产生通过所述多个操纵器 (1Aa/1Ba) 指定的音调。

14. 一种形成音乐演奏系统的一部分的乐器 (PB/PA ;PD/PC ;PF/PE ;PH/PG),包括:

通信系统 (15B/15A),被连接到通信信道 (N),并且通过所述通信信道 (N) 接收表示另一乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 的操纵器 (1Aa/1Ba) 的移动的演奏数据;

多个操纵器 (1Ba/1Aa),用于指定要产生的音调;

多个致动器 (5),被提供用于所述多个操纵器 (1Ba/1Aa),并且被驱动信号 (S3) 选择性地激励,以便引起所述多个操纵器 (1Ba/1Aa) 在轨迹上的移动;

机械音调生成系统 (2/3/4/8),被连接到所述多个操纵器 (1Ba/1Aa),并且当所述多个操纵器 (1Ba/1Aa) 强力地驱动所述机械音调生成系统 (2/3/4/8) 时产生原声音调;

电子音调生成系统 (16B/16A),用于基于所述演奏数据产生电音调;和

控制系统 (18Ba/18Aa),被连接到所述通信系统 (18B/18A)、所述多个致动器 (5) 和所述电子音调生成系统 (16B/16A),并且将基于所述演奏数据产生的所述驱动信号 (S3) 选择性地提供给所述多个致动器 (5),以便选择性地地在所述轨迹上移动所述多个操纵器 (1Ba/1Aa),以及将所述演奏数据提供给所述电子音调生成系统 (16B/16A),以便产生所述电音调;以及

延迟消除器 (20,S6/S12 ;26D/26C,rxB/rxA,rvB/rvA ;18A/18B, evBB/evA),被与所述电子音调生成系统 (16B/16A) 和控制系统 (18Ba/18Aa) 中的至少一个相关联地提供,以便

减小在所述演奏数据的发送和所述电音调或 所述原声音调的生成之间的延迟时间，
其特征在于，

所述演奏数据包含运动数据 (rxB/rxA, rvB/rvA)，其表示在比过去时刻滞后所述延迟时间的至少一部分的时刻处的所推测的物理量，其中在所述过去时刻处确定表示另一乐器 (PA/PB ;PC/PD ;PE/PF ;PG/PH) 的其它操纵器 (1Aa/1Ba) 的所述移动的物理量，

其中，所述延迟消除器具有：

选择器，用于选择所述机械音调生成系统 (2,3,4,8)，和

控制器 (20, S49-S58)，其使所述多个致动器 (5) 强迫所述多个操纵器 (1Ba/1Aa) 具有所推测的物理量，由此所述多个操纵器 (1Ba/1Aa) 强力地驱动所述机械音调生成系统 (2/3/4/8)，以便产生所述原声音调。

15. 如权利要求 14 所述的乐器，其中，所述机械音调生成系统包含：

动作单元 (2)，被连接到充当所述多个操纵器 (1Ba/1Aa) 的键，

弦槌 (3)，被连接到所述动作单元 (2)，并且当按压所述键 (1Ba/1Aa) 时，通过所述动作单元 (2) 被驱动以进行旋转，以及

琴弦 (4)，与所述弦槌 (3) 相对，并且当使所述弦槌 (3) 在所述旋转的终点与其碰撞时产生所述原声音调。

用于音乐会话的音乐演奏系统和组成乐器

技术领域

[0001] 本发明涉及一种用于彼此远离的演奏器的音乐演奏系统,更具体地涉及一种具有可通过通信网络互相通信的多个乐器的音乐演奏系统。

背景技术

[0002] 自动演奏器钢琴是原声钢琴和自动演奏系统之间的组合,人类演奏者或者利用计算机化的键驱动系统实现的自动演奏器在原声钢琴上演奏音乐曲调。自动演奏器具有电磁控制(solenoid-operated)的键致动器,所述键致动器被安装在键盘之下,并且在音乐数据的基础上、在计算机系统的控制下被选择性地激励。

[0003] 自动演奏器钢琴可用于音乐演奏系统。在日本专利申请特许公开No. 2006-178197中公开了音乐演奏系统的示例。将两个自动演奏器钢琴合并到现有技术的音乐演奏系统中。所述自动演奏器钢琴中的一个充当主(master)乐器,另一个充当从属(slave)乐器。当人类演奏者在主乐器上用手指弹奏音乐曲调时,在主乐器的计算机系统中产生表示主乐器上的演奏的音乐数据代码,所述音乐数据代码被传递到从属乐器的计算机系统。在从属乐器的计算机系统中分析被保存在所述音乐数据代码中的音乐数据,并且通过该分析来确定要移动的键和键的目标轨迹。以这样的方式激励用于要移动的键的电磁控制的键致动器:电磁控制的键致动器的活塞强迫所述键在目标轨迹上行进。结果,从属乐器的弦槌被驱动以进行旋转,并被使得与琴弦碰撞,以便在没有在从属乐器上用手指弹奏的情况下产生钢琴音调。这样,人类演奏者基于主乐器键盘上的手指弹奏而通过主乐器和从属乐器二者演奏音乐曲调。

[0004] 在以下描述中,术语“音乐会话(music session)”是指实时演奏,在该实时演奏中,表示在一组成乐器上的手指弹奏的音乐数据通过通信网络而被传递到另一组成乐器以进行自动演奏,并且/或者反之亦然。

[0005] 尽管现有技术的音乐演奏系统允许人类演奏者通过主乐器键盘上的手指弹奏来驱动从属乐器的键,但是现有技术的音乐演奏系统的发明者并没有以音乐会话为目标。音乐数据单向地从主乐器流动到从属乐器。

[0006] 即使主乐器的角色和从属乐器的角色在这两个自动演奏器钢琴之间动态地改变,音乐会话也不会流畅地进行。在主乐器上的手指弹奏和通过从属乐器产生的音调之间出现时间迟延(lag)。该时间迟延部分是因为从主乐器到从属乐器的数据传递,并且电磁控制的键致动器花费了几百毫秒量级的时间段。然而,在现有技术的音乐演奏系统中没有合并任何针对该时间迟延的防范措施。在自动演奏器钢琴通过诸如因特网的数据通信网络而互相连接时,上述问题变得严重。

发明内容

[0007] 因此,本发明的一个重要目的是提供一种音乐演奏系统,其使得可以减少在一组成乐器上的手指弹奏和通过另一组成乐器产生的音调之间的时间迟延。

[0008] 本发明的另一重要目的是提供一种乐器,其形成所述音乐演奏系统的一部分。

[0009] 根据本发明的一个方面,提供了一种用于在多个乐器上的音乐演奏的音乐演奏系统,包括主乐器、从属乐器和延迟消除器,主乐器包含:多个操纵器,其被选择性地移动以指定要产生的音调;转换器,其监控所述多个操纵器,并且产生检测信号,所述检测信号代表表示所述多个操纵器的移动的物理量;信息处理系统,其连接到所述转换器,并且基于所述物理量产生表示所述多个操纵器上的演奏的演奏数据;以及通信系统,其被连接在所述信息处理系统和通信信道之间,用于通过所述通信信道发送所述演奏数据;从属乐器包含:另一通信系统,其被连接到所述通信信道,并且从所述通信系统接收所述演奏数据;其它操纵器,用于指定要产生的音调;多个致动器,其被提供用于所述其它操纵器,并且被驱动信号选择性地激励,以便引起所述其它操纵器在轨迹上的移动;机械音调生成系统,其被连接到所述其它操纵器,并且当所述其它操纵器强力地驱动所述机械音调生成系统时产生原声音调;电子音调生成系统,用于基于所述演奏数据产生电音调;和控制系统,其被连接到所述另一通信系统、所述多个致动器和所述电子音调生成系统,并且将在所述演奏数据的基础上产生的所述驱动信号选择性地提供给所述多个致动器,以便选择性地地在所述轨迹上移动所述其它操纵器,以及将所述演奏数据提供给所述电子音调生成系统以便产生所述电音调,与所述信息处理系统、电子音调生成系统、和控制系统中的至少一个相关联地提供所述延迟消除器,以便减小所述演奏数据的发送和所述电音调或所述原声音调的生成之间的时间迟延。

[0010] 根据本发明的另一方面,提供了一种形成音乐演奏系统的一部分的乐器,包括:多个操纵器,其被选择性地移动以指定要产生的音调;转换器,其监控所述多个操纵器,并且产生检测信号,所述检测信号代表表示所述多个操纵器的移动的物理量;信息处理系统,其被连接到所述转换器,并且在所述物理量的基础上产生表示所述多个操纵器上的演奏的演奏数据;通信系统,其被连接在所述信息处理系统和通信信道之间,以便通过所述通信信道将所述演奏数据发送到另一乐器;以及延迟消除器,与所述信息处理系统相关联地提供所述延迟消除器,以便减小在所述演奏数据的发送和通过所述另一乐器产生的电音调或原声音调的生成之间的时间迟延。

[0011] 根据本发明的再一方面,提供了一种形成音乐演奏系统的一部分的乐器,包括:通信系统,其被连接到通信信道,并且通过所述通信信道接收表示另一乐器的操纵器的移动的演奏数据;多个操纵器,用于指定要产生的音调;多个致动器,其被提供用于所述多个操纵器,并且被驱动信号选择性地激励,以便引起所述多个操纵器在轨迹上的移动;机械音调生成系统,其被连接到所述多个操纵器,并且在所述多个操纵器强力地驱动所述机械音调生成系统时产生原声音调;电子音调生成系统,用于在所述演奏数据的基础上产生电音调;控制系统,其被连接到所述通信系统、所述多个致动器和所述电子音调生成系统,并且将在所述演奏数据的基础上产生的所述驱动信号选择性地提供给所述多个致动器,以便选择性地地在所述轨迹上移动所述多个操纵器,以及将所述演奏数据提供给所述电子音调生成系统,以便产生所述电音调;以及延迟消除器,与所述电子音调生成系统和控制系统中的至少一个相关联地提供所述延迟消除器,以便减小在所述演奏数据的发送和所述电音调或所述原声音调的生成之间的时间迟延。

附图说明

- [0012] 根据结合附图进行的以下描述,将更清楚地理解音乐演奏系统的特征和优点,其中:
- [0013] 图 1 是示出本发明的音乐演奏系统的系统配置的框图,
- [0014] 图 2 是示出被合并自动演奏器钢琴中的原声钢琴结构和其它系统配置的横截面视图,
- [0015] 图 3 是示出被合并自动演奏器钢琴中的控制系统的系统配置的框图,
- [0016] 图 4 是示出音乐会话中的作业序列的流程图,
- [0017] 图 5 是示出本发明的另一音乐演奏系统的系统配置的框图,
- [0018] 图 6 示出了用于音乐会话的作业序列,
- [0019] 图 7 是示出音乐会话中的作业序列的流程图,
- [0020] 图 8 是示出用于音乐会话的准备工作中的作业序列的流程图,
- [0021] 图 9A 和 9B 是示出被合并音乐会话的子例程中的作业序列的流程图,
- [0022] 图 10 是示出自动演奏器钢琴在音乐会话中的功能的框图,
- [0023] 图 11 是示出用于推测 (presume) 音乐会话中的对应键的键位置和键速度的作业序列的流程图,
- [0024] 图 12 是示出标准手指弹奏中的键的轨线和半行程键移动中的键的轨线的波形图,
- [0025] 图 13 是示出在估计键轨迹、推测键轨迹、和实际键轨迹上的键位置相对于时间的图,
- [0026] 图 14 是示出在估计键轨迹、推测键轨迹、和实际键轨迹上的键速度相对于时间的图,
- [0027] 图 15 是示出用于测量通信时间迟延的作业序列的流程图,
- [0028] 图 16 是示出用于周期性地测量通信时间迟延的作业序列的流程图,
- [0029] 图 17 是示出主乐器中的实际键轨迹、推测键轨迹 trEB、以及从属乐器中的实际键轨迹相对于时间的图,
- [0030] 图 18 是示出用于确定机械时间迟延的作业序列的流程图,
- [0031] 图 19 是示出本发明的另一音乐演奏系统的系统配置的框图,
- [0032] 图 20 是示出音乐会话中的作业序列的流程图,
- [0033] 图 21 是示出用于产生推测键事件数据代码的作业序列的流程图,
- [0034] 图 22 是示出键轨迹上的推测键位置的曲线图,
- [0035] 图 23 是示出用于确定总延迟时间的作业序列的流程图,
- [0036] 图 24 是示出本发明再一音乐演奏系统的系统配置的框图,以及
- [0037] 图 25 是示出音乐会话中的作业序列的流程图。

具体实施方式

[0038] 实施本发明的音乐演奏系统可用于多个乐器上的音乐演奏,并且主要包括主乐器、从属乐器和延迟消除器。在主乐器中产生演奏数据,并且通过通信信道将演奏数据从主乐器提供给从属乐器。在从属乐器中,在所述演奏数据的基础上产生原声音调或电音调,并

且在没有人演奏的任何手指弹奏的情况下移动从属乐器的操纵器 (manipulator)。尽管从演奏数据的发送到从属乐器中的音调生成引入了时间迟延,但是通过所述延迟消除器消除了该时间迟延的至少一部分。因此,在主乐器和从属乐器上实现了音乐会话。

[0039] 主乐器包括转换器、信息处理系统、通信系统和多个操纵器。所述多个操作器用于指定要产生的音调。作为示例,当人类演奏者在所述多个操纵器上用手指弹奏音乐曲调时,通过所述多个操纵器依序指定乐谱上的音调。

[0040] 转换器监控所述多个操纵器,并且产生代表所述多个操纵器的物理量的检测信号。所述物理量表示所述多个操纵器的移动,使得可以将检测信号用于再现键移动。信息处理系统被连接到转换器,并且在所述物理量的基础上产生表示在所述多个操纵器上的演奏的演奏数据。通信系统被连接在信息处理系统和通信信道之间,用于通过所述通信信道将演奏数据发送到从属乐器。

[0041] 从属乐器包括另一通信系统、其它操纵器、多个致动器、机械音调生成系统、电子音调生成系统、和控制系统。通过机械音调生成系统产生原声音调,并且通过电子音调生成系统产生电音调。因此,从属乐器能够产生原声音调和电音调。

[0042] 所述其它操纵器用于指定要产生的音调,使得人类将其它操纵器的移动识别为该从属乐器上的演奏。为所述其它操纵器提供多个致动器。利用驱动信号选择性地激励所述多个致动器,以便在没有人演奏的任何手指弹奏的情况下引起其它操纵器在轨迹上的移动。由于机械音调生成系统连接到所述其它操纵器,因此所述多个致动器 (actuator) 可以通过该机械音调生成系统产生原声音调。当所述其它操纵器强有力地驱动 (actuate) 机械音调生成系统时,机械音调生成系统开始产生原声音调。另一方面,如果致动器微弱地驱动机械音调生成系统,则不通过机械音调生成系统产生任何原声音调。如果致动器强有力地驱动所述其它操纵器,则所述其它操纵器也强有力地驱动机械音调生成系统,该机械音调生成系统响应其它操纵器的移动以便产生原声音调。因此,致动器使得可以选择性地产生其它操纵器的移动以及所述运动和原声音调二者。

[0043] 从属乐器的通信系统被连接到通信信道,使得演奏数据到达那里。控制系统被连接到前述另一通信系统、所述多个致动器和电子音调生成系统。当演奏数据到达通信系统时,将该演奏数据从通信系统传递到控制系统。控制系统分析该演奏数据,用于确定要产生的音调,并且选择性地将基于演奏数据产生的驱动信号提供给所述多个致动器,并将演奏数据提供给电子音调生成器。

[0044] 在要产生电音调的情况下,将演奏数据传递给电子音调生成系统用于产生电音调,并且将驱动信号提供给致动器,以便微弱地移动相关联的操纵器。被移动的操纵器还微弱地驱动机械音调生成系统。结果。不产生任何原声音调。然而,人类感觉到该电音调,好像它们是响应于其它操纵器的移动而产生的一样。

[0045] 在要产生原声音调的情况下,基于演奏数据来产生驱动信号,并且将该驱动信号提供给致动器。致动器使其它操纵器在越过某个点的轨迹上行进,使得机械音调生成器产生原声音调。

[0046] 由于演奏数据通过通信信道的传播和其它操纵器的驱动,时间迟延是不可避免的。与信息处理系统、电子音调生成系统和控制系统中的至少一个相关联地提供延迟消除器,以便减小时间迟延。

[0047] 在仅为电子音调生成系统提供延迟消除器的情况下,延迟消除器至少消除由于其它操纵器的驱动和机械音调生成器的驱动而导致的延迟。

[0048] 在仅为信息处理系统提供延迟消除器的情况下,信息处理单元在物理量的基础上、在实际生成原声音调之前,推测原声音调的生成,并且表示所推测的原声音调的生成的演奏数据被发送到从属乐器。从属乐器的控制系统基于该演奏数据产生驱动信号,并且将该驱动信号提供给致动器以便移动其它操纵器。尽管引入了时延迟,但是在实际音调生成之前将演奏数据发送给从属乐器,使得至少部分地或者完全地消除该时间迟延。如果用户希望听到电音调,则将演奏数据提供给电子音调生成系统以便生成电音调,并且将驱动信号提供给致动器,用于将其它操纵器移动到不生成原声音调的程度。

[0049] 在为信息处理系统和控制系统二者提供延迟消除器的情况下,信息处理系统在物理量的基础上推测其它操纵器的移动,并且表示推测(的)移动(presumed movement)的演奏数据被发送给从属乐器,以便使控制系统通过其它操纵器再现所述移动。由于该演奏数据表示在操纵器的实际移动之前的推测移动,因此时间迟延被部分地或者完全地消除。延迟消除器类似地消除通过信息处理系统、电子音调生成系统和控制系统的所述时间迟延。

[0050] 如将从前面的描述认识到的那样,利用延迟消除器来消除时间迟延,使得电音调和/或其它操纵器的移动与多个操纵器的移动良好地同步。在人类演奏者在充当主乐器和从属乐器二者的乐器上用手指弹奏音乐曲调的不同部分时,听众觉得该音乐曲调是在两个乐器上同时演奏的。

[0051] 在以下描述中,术语“前”表示比用术语“后”修饰的位置更靠近演奏者的位置,所述演奏者正坐在凳子上用手指弹奏。在前面位置和对应的后面位置之间画的线沿“纵向”延伸,并且纵向以直角与“横向”相交。“上下方向”垂直于由纵向和横向定义的平面。

[0052] 术语“轨线”表示键经过的键位置的一系列值,术语“轨迹”是指随时间一起变化的键位置的一系列值,即,该系列值与时间之间的关系。

[0053] 第一实施例

[0054] 系统配置

[0055] 首先参照附图的图 1,实施本发明的音乐演奏系统主要包括多个自动演奏器钢琴 PA 和 PB 以及诸如例如因特网 N 的通信网络。自动演奏器钢琴 PA 和 PB 可与因特网 N 连接,并且在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 之间传递音乐数据。

[0056] 自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中的每一个包括配备有键 4A 或 4B 和琴弦 4A 或 4B 的原声钢琴 1A 或 1B、通信系统 15A 或 15B、电子音调生成系统 16A 或 16B、自动演奏系统 18A 或 18B 以及音乐数据产生系统 19A 或 19B。通信系统 15A 或 15B、电子音调生成系统 16A 或 16B、自动演奏系统 18A 或 18B 以及音乐数据生成器 19A 或 19B 被安装在原声钢琴 15A 或 15B 内部,并且,分别通过原声钢琴 15A 或 15B 的琴弦 4A 或 4B 的振动以及通过电子音调生成系统 16A 或 16B 来产生原声钢琴音调和电子音调。

[0057] 人类演奏者 A 或 B 在原声钢琴 1A 或 1B 的键 4A 或 4B 上用手指弹奏音乐曲调,用于通过琴弦 4A 或 4B 的振动来产生原声钢琴音调,并且自动演奏系统 18A 或 18B 在没有人演奏者 A 或 B 的手指弹奏的情况下,驱动原声钢琴 1A 或 1B,用于也通过琴弦 4A 或 4B 的振动来产生原声钢琴音调。

[0058] 当人类演奏者 A 或 B 在原声钢琴 1A 或 1B 上用手指弹奏音乐曲调时,音乐数据产

生系统 19A 或 19B 监控原声钢琴 1A 或 1B, 并且产生表示该音乐数据的音乐数据代码。以实时的方式将该音乐数据代码从音乐数据产生系统 19A 或 19B 提供给通信系统 15A 或 15B。通信系统 15A 或 15B 连接到因特网 N, 并且, 通过因特网 N 将音乐数据代码从通信系统 15A 或 15B 传递到另一通信系统 15B 或 15A。当接收到音乐数据代码时, 将该音乐数据代码从通信系统 15B 或 15A 传递到电子音调生成系统 16B 或 16A, 并且通过电子音调生成系统 16B 或 16A 产生电子音调。

[0059] 还将音乐数据代码从通信系统 15B 或 15A 传递到自动演奏系统 18B 或 18A, 自动演奏系统 18B 或 18A 移动键 1Ba 或 1Aa, 好像人类演奏者按压和释放它们一样。然而, 自动演奏系统 18B 或 18A 防止原声钢琴 1B 或 1A 生成原声钢琴音调。因此, 尽管移动键 1Ba 或 1Aa, 但是只通过自动演奏器钢琴 PB 或 PA 产生电子音调。

[0060] 原声钢琴 1A 或 1B 在手指弹奏和原声钢琴音调的生成之间引入时间迟延。然而, 电子音调不受由于原声钢琴 1B 或 1A 的机械联动装置 (linkwork) 导致的时间迟延影响。由于这一原因, 与通过现有技术音乐演奏系统的从属乐器产生原声钢琴音调的定时相比, 通过电子音调生成系统 16B 或 16A 生成电子音调的定时更接近通过原声钢琴 1B 或 1A 生成原声钢琴音调的定时。

[0061] 当两个演奏者 A 和 B 分别在原声钢琴 1A 和 1B 上用手指弹奏时, 响应于键 1Aa 上的手指弹奏而通过琴弦 4A 的振动、以及响应于键 1Ba 上的手指弹奏而通过琴弦 4B 的振动来产生原声钢琴音调, 并且将表示键 1Aa 上的手指弹奏的音乐数据代码以及表示其它键 1Ba 上的手指弹奏的音乐数据代码分别从通信系统 15A 发送到另一通信系统 15B, 以及从通信系统 15B 发送到通信系统 15A。结果。在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 二者中产生原声钢琴音调和电子音调, 好像两个演奏者 A 和 B 在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 的每一个上以钢琴二重奏演奏音乐曲调一样。

[0062] 由于自动演奏器钢琴 1A、通信系统 15A、电子音调生成系统 16A、自动演奏系统 18A 和音乐数据产生系统 19A 分别类似于自动演奏器钢琴 1B、通信系统 15B、电子音调生成系统 16B、自动演奏系统 18B 和音乐数据产生系统 19B, 因此在以下描述中, 在某些上下文中可以使自动演奏器钢琴 PA 的组件和自动演奏器钢琴 PB 的组件替换。当组件是可替换的时, 利用没有“A”和“B”的附图标记来标注该组件。例如, 在上下文中使键 1Aa 和键 1Ba 替换的情况下, 从附图标记 1Aa 和 1Ba 中删除“A”和“B”。例如, 利用“1a”来标注自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中的任何一个的键。另一方面, 当对任一个自动演奏器钢琴 PA 或 PB 的组件进行描述时, 附图标记带有“A”或“B”。例如, 利用“16A”来标注自动演奏器钢琴 PA 的电子音调生成系统, 利用“16B”来标注自动演奏器钢琴 PB 的电子音调生成系统。

[0063] 自动演奏器钢琴

[0064] 转到附图的图 2, 图示了原声钢琴 1 的结构、电子音调生成系统 16 的系统配置、自动演奏系统 18 的功能、以及音乐数据产生系统 19 的功能。如上文所述, 原声钢琴 1、电子音调生成系统 16、自动演奏系统 18 和音乐数据产生系统 19 分别代表原声钢琴 1A 和 1B 中的任一个、电子音调生成系统 16A 和 16B 中的任一个、自动演奏系统 18A 和 18B 中的任一个、以及音乐数据产生系统 19A 和 19B 中的任一个。

[0065] 原声钢琴 1 包括键 1a 的阵列、动作单元 2、弦槌 3 的阵列、琴弦 4、制音器单元 8 和钢琴箱体 9。键 1a 的阵列被安装在形成钢琴箱体 9 底部的中盘 (key bed) 9a 上, 并且在钢

琴箱体 9 内部提供动作单元 2、弦槌 3、琴弦 4 和制音器单元 8。

[0066] 在此实例中,在阵列中包含 88 个键 1a。键 1a 围绕键架中板 (balance rail) 9b 倾斜。当人类演奏者 A 或 B 以及自动演奏系统 8 没有在键 1a 上施加任何力时,键 1a 停留在静止位置上。当人类演奏者 A 或 B 或者自动演奏系统 18 将力施加在键 1a 上时,键 1a 的前部朝着终点位置下降,因此键 1a 的后部被升高。当键 1a 被发现处于静止位置上时,键行程为 0。终点位置与静止位置分开 10 毫米。换言之,当键 1a 到达终点位置时,键行程为 10 毫米。因此,键行程是从静止位置到轨线上的任意键位置的长度。

[0067] 人类演奏者 A 或 B 和自动演奏系统 18 引起键 1a 朝向终点位置的移动,该动作被称为“按压”。人类演奏者 A 或 B 和自动演奏系统 18 还引起键 1a 朝向静止位置的移动,该动作被称为“释放”。在演奏和自动演奏中,键 1a 中的每一个保持和改变键位置。

[0068] 键 1a 中的每一个实际具有 4 个阶段:停留在静止位置上、向终点位置移动、停留在终点位置上、以及向静止位置移动,因此,键轨迹可被划分为静止位置上的静态 (stationary) 部分、朝向终点位置的运动部分、终点位置上的静态部分、以及朝向静止位置的运动部分。朝向终点位置的运动部分和朝向静止位置的运动部分分别被称为“基准前向键轨迹”和“基准后向键轨迹”。终点位置上的静态部分和静止位置上的静态部分分别被称为“静态轨迹”。

[0069] 键 1a 沿横向排列,并且在其中间部分处与动作单元 2 链接,以及在其后部与制音器单元 8 链接。当人类演奏者 A 或 B 将力施加在键 1a 的前部、或者自动演奏系统 18 将力施加在后部时,键 1a 沿着相应的轨线从静止位置行进到终点位置,并且键 1a 驱动相关联的动作单元 2。

[0070] 动作单元 2 还与弦槌 3 相链接,并且弦槌 3 由动作支架 (bracket) 可旋转地支撑。由于这一原因,键 1a 的移动通过动作单元 2 而被传到弦槌 3,并且通过动作单元 2 和弦槌 3 之间的脱离而引起弦槌 3 的旋转。弦槌 3 与琴弦 4 相对,并且在旋转的终点引起琴弦 4 的振动。人类演奏者 A 或 B 和自动演奏系统 18 通过按压和释放键 1a 来驱动弦槌 3 进行旋转。

[0071] 根据轨线上的键位置,键 1a 使相关联的制音器单元 8 与琴弦 4 分开或者接触。当制音器单元 8 保持与琴弦 4 接触时,禁止琴弦 4 振动。当制音器单元 8 与琴弦 4 分开时,允许琴弦 4 振动。被按压的键 1a 首先使相关联的制音器单元 8 与琴弦 4 分开,随后使弦槌 3 被驱动进行旋转。当人类演奏者 A 或 B 释放被按压的键 1a 时,被释放的键 1a 开始在轨线上向后行进。被释放的键 1a 通过轨线上的某些点。然后,制音器单元 8 与振动的琴弦 4 相接触,并且使该振动被衰减。

[0072] 人类演奏者 A 或 B 按照以下方式在原声钢琴 1 上演奏音乐曲调。当所有键 1a 都停留在静止位置上时,弦槌 3 与相关联的琴弦 4 分开,并且制音器单元 8 保持与琴弦 4 相接触,如图 2 所示。当人类演奏者开始他或她的演奏时,他或她选择性地按压键 1a 和释放被按压的键 1a。

[0073] 假设人类演奏者 A 或 B 按压键 1a 之一,被按压的键 1a 开始在其轨上行进。当被按压的键 1a 在轨线上朝着终点位置行进时,被按压的键 1b/1c 使制音器单元 8 与相关联的琴弦 4 分开,并且琴弦 4 准备振动。被按压的键 1a 还驱动相关联的动作单元 2。被驱动的动作单元 2 使弦槌 3 被驱动朝着相关联的琴弦 4 旋转。弦槌 3 在旋转的终点与琴弦 4 碰撞,并且引起琴弦 4 的振动。振动的琴弦 4 继而引起形成钢琴箱体 9 的一部分的声板 (sound

board) 的振动,并且从原声钢琴 1 发出原声钢琴音调。弦槌 3 在琴弦 4 上回弹,并且轻柔地降落在托木 (back check) 上。

[0074] 原声钢琴音调的响度与弦槌 3 在与琴弦 4 碰撞之前瞬间的速度成比例。人类演奏者 A 或 B 强有力地按压黑键 1a 以便以大响度产生原声钢琴音调。另一方面,人类演奏者 A 或 B 为了小响度的原声钢琴音调而轻轻地按压键 1a。

[0075] 在生成原声钢琴音调之后,人类演奏者 A 或 B 释放键 1a。然后,被释放的键 1a 开始在轨线上向后行进。被释放的键 1a 允许制音器 8 向振动的琴弦 4 移动并且与其接触。然后,振动被衰减,并且使原声钢琴音调消失。被释放的键 1a 还允许动作单元 2 返回到静止位置。

[0076] 自动演奏系统 18 包括在图 1 中利用 18Aa 或 18Ba 标注的控制系统 18a、电磁控制的键致动器 5 和键传感器 6。控制系统 18a 具有信息处理能力,并且电磁控制的键致动器 5 和键传感器 6 被连接到控制系统 18a。电磁控制的键致动器 5 被以交错的方式在键 1a 后部的下方沿横向布置,并且分别与键 1a 相关联。控制系统 18a 利用电磁控制的键致动器 5 引起键 1a 的移动,并且使键 1a 在轨线上行进。键传感器 6 被提供在键 1a 前部的下方,并且分别与键 1a 相关联。键传感器 6 是将整个轨线上的键位置光学地转换为键位置信号 S1 的类型,并且安装在中盘 9a 上的光电耦合器 6a 以及安装在相关联的键 1a 的下表面的光调制器 6b 共同形成每个键传感器 6。当键 1a 沿着它们的轨线在静止位置和终点位置之间行进时,光调制器 6b 使入射光的量根据当前键位置而变化,并且入射光被转换为形成键位置信号 S1 的光电流。

[0077] 在图 3 中图示了控制系统 18a 的系统配置。控制系统 18a 包括被简称为“CPU”的中央处理单元 20、外围处理器 (未示出)、被简称为“ROM”的只读存储器 21、被简称为“RAM”的随机存取存储器 22、通信接口 15a、其它接口 23、脉宽调制器 24 和共享总线系统 20b。中央处理单元 20 和其它系统组件 21、22、15a、23、和 24 被连接到共享总线系统 20b,使得中央处理单元 20 可通过共享总线系统 20b 与其它系统组件 21、22、15a、23、和 24 通信。

[0078] 与音乐数据产生系统 19、通信系统 15 和电子音调生成系统 16 共享中央处理单元 20、只读存储器 21、随机存取存储器 22 和接口 15a/23。

[0079] 中央处理单元 20 是信息处理能力的源。计算机程序被存储在只读存储器 21 中,并且在中央处理单元 20 上运行,以便完成将在下文中详细描述的各种任务。随机存取存储器 22 充当中央处理单元 20 的工作存储器,并且在该工作存储器中定义键索引寄存器、标志和内部时钟。

[0080] 通信接口 15a 将通信系统 15 和控制系统 18a 互连。通信系统 15 包括发送器和接收器。中央处理单元 20 将音乐数据代码作为有效载荷装载到分组 (packet) 中或者从分组中卸载音乐数据代码,通过通信系统 15 而向因特网 N 传递以及从因特网 N 接收所述分组。

[0081] 其它接口 23 充当 MIDI (乐器数字接口) 以及用于弦槌传感器 7 和键传感器 6 的信号接口。MIDI 接口是本领域技术人员公知的。每个信号传感器具有模数转换器和数据缓冲器。弦槌位置信号 S2 和键位置信号 S1 被选择性地提供给所述信号接口,这些信号 S1/S2 的离散值被转换为键位置数据代码和弦槌位置数据代码。键位置数据代码和弦槌位置数据代码被临时存储在数据缓冲器中,并且中央处理单元 20 周期性地从数据缓冲器中提取表示当前键位置的值的键位置数据、和表示当前弦槌位置的值的弦槌位置数据。所述键位置

数据和弦槌位置数据被积存在随机存取存储器 22 中以供分析。

[0082] 脉宽调制器响应从中央处理单元 20 提供的控制数据,以便将驱动脉冲信号 S3 调整为充当驱动脉冲信号 S3 的脉冲串的占空比的目标值或者平均电流量的目标值。驱动信号 S3 流过电磁控制的键致动器 5,并且产生磁场。该磁场的强度以及因此施加在键 1a 后部的力与所述平均电流流量成比例。由于这一原因,中央处理单元 20 利用脉宽调制器 24 控制施加在键 1a 后部的力的大小。

[0083] 电子音调生成系统 16 包括电子音调生成器 16a 和声音系统 17。音乐数据代码被依序提供给电子音调生成器 16a,电子音调生成器 16a 在该音乐数据代码的基础上产生音频信号。该音频信号被提供给声音系统 17,并且通过声音系统 17 而被转换为电子音调。

[0084] 根据 MIDI 协议来准备音乐数据代码,并且在音符开 (note-on) 消息和音符关 (note-off) 消息中指定要产生的音调和要衰减的音调,音符开消息包含表示音符开事件、分配给要产生的音调的音符号码、以及表示音调响度的速度的音乐数据。向 88 个键 1a 分配不同的音符号码,使得控制系统 18a 能够利用音符号码来识别要被驱动的键 1a。另一方面,音符关消息包含表示音符关事件和分配给要被衰减的音调的音符号码的音乐数据。一音符事件与下一音符事件之间的时间段表示持续时间数据,所述音符事件即音符开事件或音符关事件,并且所述持续时间数据被混合在音乐数据中。

[0085] 电子音调生成器 16a 具有波形存储器 (未示出),并且用音乐数据代码来指定波形。从波形存储器读出波形数据,并且根据该波形数据形成音频信号。向该数字音频信号赋予包络 (envelope)。向该数字音频信号赋予包络,并且将该数字音频信号转换为音频信号,该音频信号被提供给声音系统。由于电子音调生成器 16a 是本领域技术人员公知的,因此为简单起见,在下文中没有包含进一步的描述。

[0086] 回到图 2,音乐数据产生系统 19 包括控制系统 18a、键传感器 6 和弦槌传感器 7。在自动演奏系统 18 和音乐数据产生系统 19 之间共享控制系统 18a 和键传感器,并且结合自动演奏系统 18 来描述控制系统 18a 和键传感器。弦槌传感器 7 是与键位置传感器 6 相似地将当前弦槌位置光学地转换为键位置信号 S2 的类型。

[0087] 计算机程序

[0088] 被安装在控制系统 18a 中的计算机程序被分解为主例程和子例程。当主例程在中央处理单元 20 上运行时,用户通过诸如例如触摸板显示单元的适当人机界面 (未示出) 与控制系统 18a 通信。

[0089] 将若干子例程分配给自动演奏、在自动演奏器钢琴 PA 或 PB 上的演奏期间的音乐数据生成、以及通过因特网 N 进行的通信。这些子例程可用于自动演奏器钢琴 PA 或 PB 上的独奏曲或合奏曲的演奏。另一子例程在中央处理系统上运动以进行音乐会话,并且在用于音乐会话的子例程的监控下选择性地调用上述各子例程。当用户从人机界面 (未示出) 上的作业菜单中选择他或她喜欢的操作时,主例程开始通过定时器中断而分支到子例程。当该时间段到期时,中央处理单元 20 从所述子例程返回到主例程。这样,重复进入子例程和返回到主例程。

[0090] 通过执行用于自动演奏的子例程来完成任务,该任务对应于控制系统 18A 的功能。所述功能被称为“预 (preliminary) 数据处理器”10、“运动控制器”11 和“伺服控制器”12。

[0091] 当用于自动演奏的子例程在中央处理单元 20 上运行时,周期性地将音乐数据代码从通信系统 15、数据存储设备(未示出)或另一 MIDI 乐器提供给预数据处理器 10,并且将个体化(individualized)演奏数据从预数据处理器 10 提供给运动控制器 11,从运动控制器 11 将键轨迹数据提供给伺服控制器 12,用于对电磁控制的键致动器 5 进行伺服控制。

[0092] 在预数据处理器 10 中,演奏数据被个体化以便对于自动演奏器钢琴 PA 和 PB 是最优的。该演奏数据在后数据处理器 10 中进行个体化,并且通过预数据处理器 10 产生个体化的演奏数据。将该个体化的演奏数据从预数据处理器 10 传送到运动控制器 11。

[0093] 运动控制器 11 确定要被按压的每个键 1a 的基准前向(forward)键轨迹和要被释放的每个键 1a 的基准后向(backward)键轨迹。然而,对于音乐会话,运动控制器 11 确定基准前向无声键轨迹和基准后向无声键轨迹,而不是基准前向键轨迹和基准后向键轨迹。

[0094] 如上文所述,术语“键轨迹”是指随时间变化的一系列键位置值。基准点是每个键的轨线上的唯一键位置。如果被按压的键 1a 以基准键速度通过基准点,则被按压的键 1a 使相关联的弦槌 3 以目标弦槌速度与琴弦 4 碰撞。由于原声音调的响度与目标弦槌速度成比例,因此可以通过将基准点处的基准键速度调整为某个值来以目标响度值产生原声音调。在被按压的键 1a 在基准前向键轨迹上行进的范围内,被按压的键 1a 以基准键速度的目标值通过基准点。由此,运动控制器 11 通过使用基准前向键轨迹,使得能够以目标响度值产生原声音调。

[0095] 产生基准后向键轨迹,以便使原声音调被适时地衰减。如上文所述,当使制音器单元 8 与振动的琴弦 4 接触时,原声音调被衰减。在演奏数据中定义从先前的键事件到音符关事件的时间段,基准后向键轨迹将被释放的键 1a 引导到该轨线上的键位置,在该键位置上,被释放的键 1a 使相关联的制音器单元 8 适时地与振动的琴弦 4 接触。由此,运动控制器 11 通过使用基准后向键轨迹来使原声音调被适时地衰减。

[0096] 如上文所述,基准键速度与和琴弦 4 碰撞之前瞬间的弦槌速度成比例,从而与原声音调的响度成比例。如果基准键速度小于阈值,则被按压的键 1a 微弱地驱动相关联的弦槌 3,并且弦槌 3 不能到达相关联的琴弦 4。由于这一原因,尽管在轨线上移动键 1a,但是不生成任何原声音调。基准前向无声轨迹使被按压的键 1a 以小于阈值的小基准键速度值通过基准点。由此,运动控制器 11 使键 1a 在轨线上行进而不生成任何原声钢琴音调。用于基准前向无声轨迹的基准键速度是由制造商通过实验确定的,并且在交付给用户之前,表示各个键 1a 的基准键速度的值的控制数据被存储在只读存储器 21 中。

[0097] 基准后向无声轨迹将被释放的键 1a 引导到初始键位置。由于生成任何原声音调,因此预计基准后向无声轨迹不会使被释放的键 1a 在衰减原声钢琴音调的定时经过轨线上的键位置。

[0098] 在基准前向键轨迹和基准后向键轨迹之间、并且还在基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹之间插入所述静态轨迹。

[0099] 键轨迹数据表示基准前向键轨迹、基准后向键轨迹、基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹中的任何一个,并且每个键轨迹数据表示轨线上的目标键位置。将该键轨迹数据周期性地从运动控制器 11 提供给伺服控制器 12。

[0100] 当键轨迹数据到达伺服控制器 12 时,伺服控制器从随机存取存储器 22 中提取表示当前键位置的键位置数据,并且根据键轨迹数据的一系列值和键位置数据的一系列值确

定目标键速度和当前键速度。伺服控制器 12 将当前键位置和当前键速度与目标键位置和目标键速度进行比较,以查看在当前键位置和目标键位置之间以及在当前键速度和目标键速度之间是否发现任何差别。如果发现一个或多个差别,则伺服控制器 12 改变驱动信号 S3 的平均电流或占空比。可以利用该平均电流来控制螺线管周围的磁场的强度,使得电磁控制的键致动器 5 的活塞被加速或减速。这样,伺服控制器 12 强迫键 1a 在基准前向键轨迹、基准后向键轨迹、基准前向无声轨迹或基准后向无声轨迹上行进。

[0101] 当运动控制器 11 周期性地提供表示基准前向无声轨迹的键轨迹数据时,伺服控制器 12 使电磁控制的键致动器 5 强迫键 1a 在基准前向无声轨迹上行进。然而,基准键速度值非常小,以至于动作单元 2 使弦槌 3 缓慢旋转。由于这一原因,弦槌 3 不到达相关联的琴弦 4。结果,尽管移动键 1a,但是不生成任何原声音调。

[0102] 另一任务也是通过执行用于音乐数据生成的子例程来完成的,并且对应于控制系统 18A 的功能。该功能被称为“音乐数据产生器”13 和“后数据处理器”14。

[0103] 当用于音乐数据生成的子例程在中央处理单元 20 上运行时,音乐数据产生器 13 间歇地将键位置数据和弦槌位置数据从接口 23 传递到随机存取存储器 22,以便累积每个键 1a 的一系列键位置值和每个弦槌 3 的一系列弦槌位置值,并且确定开始按压的时刻、每个被按压的键 1a 的键速度、使琴弦 4 与每个弦槌 3 撞击的时刻、开始释放的时刻、每个被释放的键 1a 的键速度,以便产生演奏数据。该演奏数据表示 MIDI 消息和从诸如音符开事件或音符关事件的每个事件到下一事件的时间段。

[0104] 将演奏数据从音乐数据产生器 13 传递到后数据处理器 14,并且在后数据处理器 14 中将演奏数据正规化。由于传感器 6 和 7 与精确的目标位置的偏离、原声钢琴 1 结构上的差异、加工上的容差等,自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中的每一个不可避免地具有个体性。为了使音乐数据代码在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 之间共享,有必要从演奏数据中去除该个体性。由于这一原因,提供后数据处理器 14 以便将演奏数据正规化。在正规化之后,将演奏数据存储符合 MIDI 协议的音乐数据代码中,并且通过 MIDI 线缆将该音乐数据代码提供给通信系统 15、电子音调生成器 16a、用于记录的数据存储设备(未示出)、或者 MIDI 乐器。

[0105] 当用于通信的子例程在中央处理单元 20 上运行时,将音乐数据代码作为有效载荷装载到分组中,并且将分组依序传递到因特网 N。通过执行用于通信的子例程来从所述分组中卸载该音乐数据代码。

[0106] 下面将详细描述用于音乐会话的子例程。图 4 示出了用于音乐会话的控制系统 18a 上的作业。如上文所述,用于音乐会话的子例程监控用于自动演奏的子例程、用于音乐数据生成的子例程、以及用于通信的子例程。在此实例中,用于音乐会话的子例程包含选择电子音调生成系统 16 使得将所接收的音乐数据代码传递到电子音调生成器 16a 的作业。用户将自动演奏器钢琴 PA 和 PB 连接到因特网 N,并且从人机界面上的作业菜单中选择音乐会话。然后,主例程周期性地开始分支到用于音乐会话的子例程。

[0107] 音乐会话中的行为

[0108] 当用于音乐会话的子例程在控制系统 18Aa 的中央处理单元 20 和控制系统 18Ba 的中央处理单元 20 上运行时,该音乐会话如图 4 所示的那样进行。在此实例中,如果用户分别同时按压自动演奏器钢琴 PA 和 PB 的、被分配了某个键号码的键 1a 时,控制系统 18Aa 和 18Ba 将优先权给予由用户的手指按压的键移动,并且键 1a 在返回静止位置之后由电磁

控制的键致动器 5 驱动。

[0109] 假设用户 A 按压键 1Aa 之一。被按压的键 1Aa 驱动相关联的动作单元 2, 并且动作单元 2 通过脱离而引起弦槌 3 的旋转。弦槌 3 在旋转的终点与琴弦 4 碰撞, 并且, 通过琴弦 4 的振动生成原声钢琴音调。此外, 键传感器 6A 将当前键位置报告给信号接口 23A, 其中当前键位置的值随着时间一起变化, 中央处理单元 20A 将键位置数据累积存储在随机存取存储器 22A 中。中央处理单元 20A 通过对键位置数据的分析发现被按压的键 1Aa, 如步骤 S1, 并且, 通过音乐数据产生器 13A 和后数据处理器 14A 来产生表示音符开事件、键号码、键速度和从先前的键事件起的时间段的音乐数据代码, 如步骤 S2。

[0110] 随后, 将音乐数据代码装载在分组中, 并且通过执行用于通信的子例程来从通信系统 15A 发送该分组, 如步骤 S3。

[0111] 该分组到达自动演奏器钢琴 PB 的通信系统 15B, 并且通过执行用于通信的子例程来从该分组中卸载音乐数据代码, 如步骤 S4。通过用于自动演奏的子例程来处理存储在音乐数据代码中的演奏数据, 如步骤 S5, 并且将演奏数据从通信系统 15B 传递到电子音调生成系统 16B。

[0112] 钢琴控制器 10B 将演奏数据个体化, 以便将个体化的演奏数据提供给运动控制器 11B。运动控制器 11B 分析个体化的演奏数据, 并且在该个体化的演奏数据的基础上确定基准前向无声轨迹。将表示基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹的键轨迹数据周期性地从运动控制器 11B 提供给伺服控制器 12B, 伺服控制器 12B 强迫键 1Ba 在基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹上行进, 如步骤 S5。这样, 在没有任何原声钢琴音调的情况下移动键 1Ba, 并且键 1Ba 在到达终点位置或者前往终点位置途中的某个键位置之后立即开始返回。

[0113] 在钢琴家随着另一钢琴家在自动演奏器钢琴 PA 上的伴奏而在自动演奏器钢琴 PB 上用手指弹奏的情况下, 运动控制器 11B 将表示基准前向无声轨迹的键轨迹数据提供给伺服控制器 12B, 并且, 在适当的定时将表示基准后向无声轨迹的键轨迹数据从运动控制器 11B 提供给伺服控制器 12B。

[0114] 另一方面, 电子音调生成器 16Ba 基于音乐数据代码产生音频信号, 并且将该音频信号提供给声音系统 17B 以便产生电子音调, 如步骤 S6。

[0115] 键 1Ba 的移动和电子音调向用户 B 通知自动演奏器钢琴 PA 上的手指弹奏。于是, 用户 B 开始按压与被按压的键 1Aa 相对应的键 1Ba。被按压的键 1Ba 驱动动作单元 2B, 被驱动的动作单元 2B 引起弦槌旋转。使弦槌 2B 与琴弦 4B 碰撞, 并且通过琴弦 4 的振动生成原声钢琴音调。

[0116] 当按压键 1Ba 时, 键传感器 6B 使键位置信号 S1 随着当前键位置一起变化, 如步骤 S7, 并且中央处理单元 20B 将键位置数据累积存储在随机存取存储器 22B 中。表示音符开键事件的演奏数据通过音乐数据产生器 13B 而被产生, 并且通过后数据处理器 14B 而被正规化。将被正规化的演奏数据存储于音乐数据代码中, 如步骤 S8。将该音乐数据代码装载在分组中, 并且通过执行用于通信的子例程将该分组从通信系统 15B 发送到通信系统 15A, 如步骤 S9。

[0117] 当如步骤 S10 接收到所述分组时, 在通信系统 15A 中从该分组卸载音乐数据代码, 并且将该音乐数据代码从通信系统 15A 并行地提供给自动演奏系统 18A 和电子音调生成系统 16A。自动演奏系统 18A 强迫键 1Aa 在基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹上行进, 而

不生成原声钢琴音调,如步骤 S11,并且,通过电子音调生成系统 16A 生成电子音调,如步骤 S12。这样,用户 A 通过键 1Aa 的移动和电子音调确认用户 B 的手指弹奏。

[0118] 当用户 A 为了乐谱上的下一个音调而按压键 1Aa 时,重复步骤 S1、S2 和 S3 处的作业,如步骤 S13、S14 和 S15。在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 上重复步骤 S1 至 S12,直到演奏结束为止。当然,当用户 B 在没有从自动演奏器钢琴 PA 接收到音乐数据代码的情况下按压键 1Ba 时,在自动演奏器钢琴 PA 中产生电子音调,并且移动对应的键 1Aa 而不生成原声钢琴音调。

[0119] 执行作业 S1 至 S6 以便通过另一自动演奏器钢琴 PB 重演在自动演奏器钢琴 PA 上的演奏,并且作业 S1 至 S6 被称为音乐会话的第一阶段。另一方面,执行作业 S7 至 S12 以便使用户 A 通过自动演奏器钢琴 PA 确认用户 B 的手指弹奏,并且作业 S7 至 S12 被称为音乐会话的第二阶段。第一阶段和第二阶段对于远程音乐课程来说是理想的。在图 1 中,实线指示第一阶段,虚线指示第二阶段。该音乐会话进行到结束。当用户 A 和 B 通过人机界面向控制系统 18A 和 18B 通知退出音乐会话时,主例程不再分支到用于音乐会话的子例程。

[0120] 在用户 A 和 B 分别用手指弹奏音乐曲调的不同部分的情况下,在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 二者上以钢琴二重奏演奏该音乐曲调。所述音乐会话可以部分地仅仅由第一阶段或第二阶段构成。

[0121] 如将从前面的描述理解的那样,尽管通过自己的自动演奏器钢琴 PA 或 PB 产生原声钢琴音调,但是通过电子音调生成系统 16A 或 16B 再现在另一个自动演奏器钢琴 PB 或 PA 上的演奏。没有必要考虑由于动作单元 2 的驱动和弦槌旋转导致的时间迟延。电子音调仅仅因为通过因特网 N 进行的通信而被延迟。由于这一原因,音乐会话流畅地进行没有严重的延迟。尽管不生成原声钢琴音调的键移动、即无声键移动由于动作单元 2 的驱动和弦槌 3 的旋转而相对于电子音调的生成被延迟,但是电子音调的生成和无声键移动之间的时间迟延不严重,使得用户 A 和 B 以及听众不会觉得该无声键移动不自然。

[0122] 第二实施例

[0123] 音乐演奏系统的系统配置

[0124] 转到附图的图 5,实施本发明的另一音乐演奏系统还包括自动演奏器钢琴 PC 和 PD 以及因特网 N。

[0125] 除了音乐数据产生系统 19C 和 19D 以外,自动演奏器钢琴 PC 和 PD 与自动演奏器钢琴 PA 和 PB 相似。由于这一原因,利用指定自动演奏器钢琴 PA 的对应组成部件和自动演奏器钢琴 PB 的对应组成部件的附图标记来标注自动演奏器钢琴 PC 的其它组成部件以及自动演奏器钢琴 PD 的其它组成部件,并且为了避免重复而不进行详细描述。此外,利用指定图 2 所示的原声钢琴的对应组成部件和图 3 所示的控制系统 18A 的对应系统组件的附图标记来标注自动演奏器钢琴的原声钢琴的组成部件以及控制系统 18Aa 和 18Ba 的系统组件。

[0126] 计算机程序

[0127] 安装在控制系统 18a 中的计算机程序也被分解为主例程和若干子例程。主例程和用于通信的子例程与安装在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 的控制系统 18a 中的计算机程序的主例程和用于通信的子例程相似。

[0128] 用于自动演奏的子例程比安装在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中的用于自动演奏的子例程简单。尽管在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中、在音乐会话中为无声键移动确定基准前向

无声轨迹和基准后向无声轨迹,但是通过实现第二实施例的音乐演奏系统在音乐会话中产生基准前向键轨迹和基准后向键轨迹。换言之,在音乐会话中,自动演奏器钢琴 PC 和 PD 的自动演奏系统 18A 和 18B 驱动键 1Aa 和 1Ba 以生成原声钢琴音调。因此,当用于音乐会话的子例程在中央处理单元 20 上运行时,音乐数据代码被从通信系统 15A 或 15B 传递到自动演奏系统 18A 或 18B,而不被提供给电子音调生成系统 16A 或 16B。

[0129] 音乐会话中的行为

[0130] 音乐数据产生系统 19C 包括键传感器 6、弦槌传感器 7、音乐数据产生器(未示出)、后数据处理器(未示出)和预键数据提供器 25,即 25A 或 25B。音乐数据产生器和后数据处理器与音乐数据产生器 13 和后数据处理器 14 相同,并且,由于这一原因,在下文中利用附图标记 13 和 14,即 13A 或 13B 和 14A 或 14B 来标注音乐数据产生系统 19C 或 19D 的音乐数据产生器和后数据处理器。预键数据提供器 25A 或 25B 并联连接到音乐数据产生器 13 和后数据处理器 14,并且在音乐会话中通过预键数据提供器 25A 或 25B 来处理键位置数据。预键数据提供器 25A 和 25B 推测比当前时刻滞后通信延迟时间 D 的时刻处的目标键位置和目标键速度。预键数据提供器 25A 或 25B 表示音乐数据产生系统 19C 或 19D 的功能,并且是通过执行用于音乐数据生成的子例程的一部分来实现的。

[0131] 预键数据提供器 25A 和 25B 目的在于加快原声钢琴音调的生成。当用户 A 和 B 从作业菜单中选择音乐会话时,中央处理单元 20A 和 20B 重复用于音乐数据生成的子例程中的作业序列,并且基于累积存储在随机存取存储器 22A 和 22B 中的键位置数据来产生键运动数据。每个键运动数据表示分配给被移动的键 1Aa 或 1Ba 的键号码、从音乐会话开始起经过的时间、推测键位置和推测键速度。将该键运动数据从预键数据提供器 25A 或 25B 提供给通信系统 15A 或 15B,并且将其作为分组的有效载荷发送到另一通信系统 15B 或 15A。在日本专利申请特许公开 No. 2006-178197 中公开了键运动数据的格式。

[0132] 图 6 示出了用于音乐会话的作业序列。用户 A 和 B 从作业菜单中选择音乐会话,并且主例程开始周期性地分支到用于该音乐会话的子例程。

[0133] 当音乐会话正在进行时,用户 A 依序按压键 1Aa。当用户 A 按压键 1Aa 之一时,相关联的键传感器 6A 根据当前键位置而改变键位置信号 S1,如步骤 S16,并且,将表示被按压的键 1Aa 的当前键位置的键位置数据累积存储在随机存取存储器 22A 中。然后,预键数据提供器 25A 开始基于该键位置数据产生键运动数据,如步骤 S17。当预键数据提供器 25A 产生键运动数据时,考虑通信时间迟延 D,并且键运动数据使自动演奏系统 18B 以补偿该通信时间迟延的方式来驱动对应的键 1Ba。通过因特网 N 将键运动数据从通信系统 15A 发送到通信系统 15B,如步骤 S18。

[0134] 键运动数据到达通信系统 15B,如步骤 S19,并且由于分组的传播而在发送和接收之间引入通信时间迟延 D。控制系统 18Ba 分析键运动数据,并且开始驱动与被按压的键 1Aa 相对应的键 1Ba 以产生原声钢琴音调,如步骤 S20。由于键运动数据表示在比当前时刻滞后通信时间迟延 D 的时刻处的推测键位置和推测键速度,因此强迫对应的键 1Ba 在与键 1A 的轨线相同的基准前向键轨迹和基准后向键轨迹上行进,使得与通过原声钢琴 1A 产生的原声钢琴音调同时地通过原声钢琴 1B 产生原声钢琴音调。

[0135] 以类似的方式,当音乐会话正在进行时,用户 B 依序按压键 1Ba。当用户 B 按压键 1Ba 之一时,相关联的键传感器 6B 将当前键位置报告给预键数据提供器 25B,如步骤 S21,并

且预键数据提供器 25B 基于该键位置数据产生键运动数据,如步骤 S22。通过因特网 N 将键运动数据从通信系统 15B 提供到通信系统 15A,如步骤 S23,并且在通信系统 15A 接收该键运动数据,如步骤 S24。在发送和接收之间引入了通信时间迟延 D。自动演奏系统 18A 驱动与被按压的键 1Ba 相对应的键 1Aa,用于与通过原声钢琴 1A 产生的原声钢琴音调同时产生原声钢琴音调,如步骤 S25。

[0136] 在自动演奏器钢琴 PA 中重复当前键位置的报告、键运动数据的产生、以及键运动数据的发送,如步骤 S26、S27 和 S28,并且在另一自动演奏器钢琴 PB 中也重复当前键位置的报告、键运动数据的产生、以及键运动数据的发送。

[0137] 图 7 示出了在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 二者中执行的用于音乐会话的子例程中的作业序列。在以下描述中,将术语“基准周期 (cycle) 时间 T”定义为用来测量通信时间迟延 D 的单位时间段。术语“基准周期”是在长度上等于基准周期时间的时间帧。在基准周期时间 T 内完成对于所有键 1a 即 88 个键的信息处理。

[0138] 当用户 PA 和 PB 从作业菜单中选择音乐会话时,主例程通过计时器中断开始周期性分支到用于音乐会话的子例程中。在下文中,将描述集中于自动演奏器钢琴 PA。

[0139] 如步骤 S29,中央处理单元 20A 进行准备工作,以便确定通信时间迟延 D。在下文中参照图 8 来详细描述该准备工作 S29。

[0140] 随后,中央处理单元 20A 将键号码“1”写入键索引寄存器,如步骤 S30,然后进行对于被分配了存储在键索引寄存器中的键号码的键 1Aa 的数据处理,如步骤 S31。在下文中,将存储在键索引寄存器中的键号码称为“键索引”。在下文中参照图 9 来详细描述步骤 S31 处的数据处理。

[0141] 随后,中央处理单元 20A 将键索引增加 1,如步骤 S32,并且检查键索引寄存器以查看键索引是否大于 88,如步骤 S33。由于原声钢琴 1A 具有 88 个键 1Aa,因此在完成对于所有键 1Aa 的数据处理之前,答案给出为否定“否”。另一方面,肯定答案“是”表示对于所有键 1Aa 重复步骤 S31 处的数据处理的完成。

[0142] 当步骤 S33 处的答案给出为否定“否”时,中央处理单元 20A 返回步骤 S31。这样,中央处理单元 20A 在单个基准周期时间段 T 内对于 88 个键 1Aa 重复步骤 S31 处的作业。

[0143] 中央处理单元 20A 对于所有键 1Aa 重复由步骤 S31 至 S33 组成的循环。在步骤 S31 完成对于 88 个键 1Aa 的数据处理之后,步骤 S33 处的答案改变为肯定答案“是”。

[0144] 中央处理单元 20A 检查随机存取存储器 22A,以查看用户 A 是否已经指示控制系统 18Aa 停止用于音乐会话的数据处理,如步骤 S34B。当用户 A 正在原声钢琴 1A 上用手指弹奏时,步骤 S34B 处的答案给出为否定“否”。对于该否定答案“否”,中央处理单元 20A 进行到步骤 S34A,并且等待基准周期时间段 T 的到期。当基准周期时间段 T 到期时,中央处理单元 20A 返回到步骤 S30。这样,在原声钢琴 1A 上的演奏中,中央处理单元 20A 重复由步骤 S30 至 S34B 组成的循环,并且对于 88 个键 1Aa 重复进行所述数据处理。

[0145] 另一方面,当用户 A 指示控制系统 18Aa 停止音乐会话时,将表示用户指示的控制数据存储在随机存取存储器 22A 中,并且步骤 S34B 处的答案改变为肯定答案“是”。对于步骤 S34B 处的肯定答案“是”,控制返回到主例程,并且该主例程不再分支到子例程。

[0146] 转到图 8,当中央处理单元 20A 开始步骤 S29 处的准备工作时,中央处理单元 20A 将事件数据代码传递到通信系统 15A,以便将装载了所述事件数据代码的分组从通信系统

15A 通过因特网 N 发送到通信系统 15B, 并且在内部时钟上读取发送时刻 t_A , 如步骤 S35。利用内部时钟来对基准周期的数目进行计数。中央处理单元 20A 将发送时刻 t_A 存储在随机存取存储器 22A 中。

[0147] 随后, 中央处理单元 20A 开始监视通信接口 15A, 并且等待答复。当事件数据代码到达通信系统 15A 时, 中央处理单元 20B 将该事件数据代码传递到通信系统 15B, 以便将装载了该事件数据代码的分组作为答复从通信系统 15B 发送到通信系统 15A。

[0148] 当该答复到达通信系统 15A 时, 该事件数据代码被送到控制系统 18Aa, 如步骤 S37, 并且在内部时钟上读取接收时刻 t_B , 如步骤 S37。在通信系统 15A 和通信系统 15B 之间通过因特网 N 往复地传播所述事件数据代码。结果, 发送时刻 t_A 和接收时刻 t_B 之间的差是通信时间迟延 D 的两倍长。

[0149] 最后, 中央处理单元 20A 将发送时刻 t_A 和接收时刻 t_B 之间的差除以 2 以便确定通信时间迟延 D, 如步骤 S38。这样, 在音乐会话之前通过准备工作 S29 确定了通信时间迟延。

[0150] 图 9A 和 9B 示出了步骤 S31 处的数据处理期间的作业序列。当用户 A 或 B 按压键 1Aa 或 1Ba 时, 遵循图 9A 所示的作业序列。另一方面, 当音乐数据代码到达通信系统 15A 或 15B 时, 中央处理单元 20A 或 20B 遵循图 9B 所示的作业序列。控制系统 15A 或 15B 在基准周期时间 T 内完成对于每个键 1Aa 或 1Ba 的任一作业序列。在下文中描述图 9A 和 9B 所示的作业序列。在将键运动数据从自动演奏器钢琴 PA 提供给另一自动演奏器钢琴 PB 的假设下进行描述。

[0151] 音乐数据处理系统 19C 和 19D 实现图 10 所示的功能。键 1Aa、电磁控制的键致动器 5A、键传感器 6A 和控制系统 18A 是涉及音乐会话的自动演奏器钢琴 PC 的硬件。类似地, 键 1Ba、电磁控制的键致动器 5A、键传感器 6A 和控制系统 18B 作为自动演奏器钢琴 PD 的硬件参与音乐会话。所述功能被分解为“键运动数据的产生 26A 或 26B”和“键移动的再现 26C 或 26D”。

[0152] 假设用户 A 在音乐会话中开始按压自动演奏器钢琴 PC 的键 1Aa 中的一个。假设键 1Ba 对应于被按压的键 1Aa。相关联的键传感器 6A 改变键位置信号 S1, 并且控制系统 18A 开始数据处理。

[0153] 对键位置信号 S1 进行采样, 并且将键位置信号 S1 的采样幅值 y_{xAa} 转换为离散值 y_{xAd} 。这样, 对键位置信号 S1 进行模数转换 27A。

[0154] 随后, 从离散值 y_{xAd} 中去除由于原声钢琴 1A 的个体性导致的个体分量。换言之, 将离散值 y_{xAd} 正规化为正规化离散值 y_{xA} , 并且利用“28A”来标注正规化的功能。将正规化离散值 y_{xA} 与采样时间一起累积存储在随机存取存储器 22A 中。在正规化离散值 y_{xA} 的基础上确定表示键速度的正规化值 y_{vA} , 并且利用“29A”来标注该计算的功能。根据表示正规化键位置 r_{xB} 的正规化离散值 y_{xA} 、表示正规化键速度 y_{vB} 的正规化离散值 y_{vA} 、对键位置信号进行采样的时刻、以及分配给被按压的键 1Ax 的键号码, 产生键运动数据 r_B , 并且利用“30A”来标注该键运动数据的产生。

[0155] 将键运动数据 r_B 提供给通信系统 15A, 并且将其装载在分组中。通过因特网 N 将该分组发送给通信系统 15B。利用“31A”来标注键运动数据 r_B 的发送。

[0156] 也在另一自动演奏器钢琴 PD 中实现功能 27A、28A、29A、30A 和 31A, 并且分别利用

27B、28B、29B、30B 和 31B 来标注对应的功能， $yxBa$ 、 $yxBd$ 、 yxB 、 yvB 和 rA 分别代表采样幅值、从采样幅值转换的离散值、表示正规化键位置的正规化离散值、表示正规化键速度的正规化离散值、以及键运动数据。

[0157] 所述分组到达通信系统 15B、并且从该分组中卸载键运动数据 rB 。利用 38B 来标注该接收和卸载。基于键运动数据 rB 来确定目标键位置和目标键速度。目标键位置是期望在给定时刻发现键 1Ba 的键位置，并且等于推测键位置。目标键速度是目标键位置上的键速度，并且等于推测键速度。分别利用 rxB 和 rvB 来标注目标键位置和目标键速度。

[0158] 由于传感器 6B 监控对应的键 1Ba，因此周期性地对键位置信号 $S1$ 进行采样，并且将幅值 $yxBa$ 转换为离散值 $yxBd$ 。将离散值 $yxBd$ 正规化为表示正规化的当前键位置的正规化离散值 yxB ，并且基于正规化离散值 yxB 确定正规化的当前键速度。

[0159] 通过目标键位置 rxB 和正规化的当前键位置 yxB 之间以及目标键速度 rvB 和正规化的当前键速度 yvB 之间的减法 33B 和 35B 来确定偏差 exB 和 evB ，并且通过乘法 34B 和 36B 将偏差 exB 和 evB 乘以某些增益。将乘积 uxB 和 uvB 彼此相加以便确定和数 uB 、利用“37B”来标注该加法。和数 uB 指示平均电流量的目标值。通过脉宽调制器 24B 将驱动信号 $S3$ 调整到该平均电流量的目标值，并且将驱动信号 $S3$ 提供给电磁控制的键致动器 5B。功能 33B、34B、35B、36B、37B、24B、27B、28B 和 29B 对应于图 2 所示的伺服控制器 12。

[0160] 在自动演奏器钢琴 PC 中实现功能 38B、32B、33B、34B、35B、36B、37B 和 24B，并且分别利用 38A、32A、33A、34A、35A、36A、37A 和 24A 来标注对应的功能。

[0161] 在音乐会话中依序实现功能 27A 至 30A、32B 至 34B、24B、27B 至 30B、32A 至 37A 和 24A，如图 9A 和 9B 所示。

[0162] 当用户 A 在音乐会话中按压键 1Aa 中的一个时，相关联的键传感器 6A 开始改变键位置信号 $S1$ 的幅值 $yxAa$ 。信号接口 23A 的模数转换器对幅值 $yxAa$ 进行采样，如步骤 S40，并且将幅值 $yxAa$ 转换为离散值 yxA_d ，如步骤 S41。中央处理单元 20A 从离散值 yxA_d 中去除原声钢琴 1A 和键传感器 6A 的个体性，以便获得正规化值 yxA ，如步骤 S42。

[0163] 随后，中央处理单元 20A 检查静止位置上的正规化值，以查看当前的正规化值 yxA 是否大于静止位置上的正规化值，如步骤 S43。在此实例中，当键 1Aa 正从静止位置向终点位置移动时，正规化值 yxA 逐渐增大。步骤 S43 处的肯定答案“是”意味着用户 A 已经按压了键 1Aa。另一方面，如果步骤 S43 处的答案给出为否定“否”，则用户 A 仍然将键 1A 留在静止位置上，并且中央处理单元 20A 进行到图 9B 所示的作业序列。

[0164] 由于用户 A 按压了键 1Aa，因此步骤 S43 处的答案给出为肯定“是”，中央处理单元 20A 升高 (rasie) 标志，并且进行到步骤 S44，用于为了功能 29A 和功能 30A 的一部分而分析键位置数据。当键 1Aa 到达被释放的键轨迹的终点时，所述标志被取消 (take down)。当所述标志升高时，中央处理单元 20A 忽略步骤 S43 处的答案，并且进行到步骤 S44。

[0165] 通过步骤 S44 处的分析来确定推测键位置 rxB 和推测键速度 rvB 。在下文中详细描述步骤 S44 处的分析。

[0166] 当完成该分析时，中央处理单元 20A 产生键运动数据 rB ，如步骤 S45，并且将键运动数据 rB 装载在分组中，以便将键运动数据 rB 发送到自动演奏器钢琴 PD。

[0167] 重复图 9A 所示的作业序列以便周期性地提供键运动数据 rB 。

[0168] 即使键运动数据 rA 与按压的开始同时地到达通信系统 15A，中央处理单元 20A 也

将优先权赋予用户的手指弹奏,而不执行功能 32A 至 37A 和 24A。

[0169] 中央处理单元 20B 周期性地检查通信系统 15B,以查看所述分组是否到达通信系统 15B,如步骤 S47。当分组正在通过因特网 N 传播时,步骤 S47 处的答案给出为否定“否”。然后,中央处理单元 20B 立即返回主例程。

[0170] 当所述分组到达通信系统 15B 时,步骤 S47 处的答案改变为肯定答案“是”。对于该肯定答案“是”,中央处理单元 20B 将与被按压的键 1Aa 相对应的键 1Ba 的正规化值 rx_B 与静止位置处的正规化值进行比较,以便查看对应的键 1Ba 是否已经离开静止位置,如步骤 S48。如果用户 B 已经按压了对应的键 1Ba,则步骤 S48 处的答案给出为否定“否”,并且中央处理单元 20B 立即返回主例程。

[0171] 当在第一个键运动数据 r_B 到达时发现对应的键 1Ba 处于静止位置上的时候,步骤 S48 处的答案给出为肯定“是”,并且将利用电磁控制的键致动器 5B 来驱动对应的键 1Ba。由于这一原因,中央处理单元 20B 升高指示利用电磁控制的键致动器 5B 致动键 1Ba 的标志。当升高该标志时,中央处理单元忽略步骤 S48 处的答案,并且进行到下一步骤 S49。在返回静止位置时,取消该标志。

[0172] 在 S49,中央处理单元 20B 从键运动数据 r_B 中提取表示推测键速度 rv_B 的正规化值和表示推测键位置 rx_V 的正规化值。为简单起见,也利用“ rx_B ”和“ rv_B ”来标注所述正规化值。

[0173] 随后,将键位置信号 S1 的幅值 yx_{Ba} 转换为离散值 yx_{Bd} ,如步骤 S50,并且将离散值 yx_{Bd} 正规化为正规化值 yx_B ,如步骤 S51。中央处理单元 20B 通过从表示目标键位置的正规化值 rx_B 中减去表示当前键位置的正规化值 yx_B 来确定位置偏差 ex_B ,如步骤 S52。放大该位置偏差 ex_B ,如步骤 S53。

[0174] 中央处理单元 20B 基于正规化值 yx_B 来确定表示目标键速度的正规化值 yv_B ,如步骤 S54,并且确定正规化值 yv_B 和正规化值 rv_B 之间的速度偏差 ev_B ,如步骤 S55。放大该速度偏差 ev_B ,如步骤 S56。

[0175] 随后,中央处理单元 20B 计算位置偏差 ex_B 和速度偏差 ev_B 的和数,以便确定控制数据 u_B ,如步骤 S57。将控制数据 u_B 提供给脉宽调制器 24B,脉宽调制器 24B 考虑该控制数据 u_B 而将驱动信号 S3 调整到目标平均电流,如步骤 S58。

[0176] 将驱动信号 S3 提供给电磁控制的键致动器 5B,如步骤 S59。电磁控制的键致动器 5B 推动对应的键 1Ba 的后部,以便驱动原声钢琴 1B 的动作单元 2B。

[0177] 重复图 9B 中示出的作业序列,以便引起对应键 1Ba 的移动。对应键 1Ba 驱动相关联的动作单元 2B,该动作单元 2B 随即驱动相关联的弦槌 3B 进行旋转。使弦槌 3B 与琴弦 4B 碰撞,并且通过琴弦 4B 的振动生成原声音调。这样,在没有任何手指弹奏的情况下在原声钢琴 1B 中生成原声钢琴音调。

[0178] 当用户按压键 1Ba 之一时,控制系统 18Ba 完成图 9A 所示的作业 S40 至 S46,控制系统 18Aa 完成图 9B 所示的作业 S47 至 S59。

[0179] 如将从前面的描述理解的那样,在自动演奏器钢琴 PC 或 PD 的预键数据提供器 25A 或 25B 中对于对应的键 1Ba 或 1Aa 推测对应键 1Ba 或 1Aa 的键位置以及对应键 1Ba 或 1Aa 的键速度,并且将键运动数据 r_B 或 r_A 提供给另一自动演奏器钢琴 PD 或 PC。推测键位置 rx_B 或 rx_A 以及推测键速度 rv_B 或 rv_A 表示在比当前时刻滞后通信延迟时间 D 的时刻处的

对应键 1Ba 或 1Aa 的位置和速度。由于这一原因,即使在键运动数据 rB 的传播期间不可避免地引入通信延迟时间 D,也与键 1Aa 或 1Ba 同时移动对应的键 1Ba 或 1Aa。这样,从键 1A 的移动和对应键 1Ba 的移动之间消除了通信延迟时间 D。

[0180] 通信时间迟延的补偿

[0181] 图 11 示出了对应于步骤 S44 的作业序列,图 12 示出了原声钢琴的键的轨线。在步骤 S44 如下推测对应键 1Ba 或 1Aa 的键位置和键速度。

[0182] 假设用户仅按压键 1a、将键 1a 保持在终点位置上片刻、释放键 1a、将键 1a 保持在静止位置上片刻、按压键 1a、并且在前往终点位置的途中释放键 1a,如图 12 所示。当用户仅仅在静止位置和终点位置之间移动键 1a 时,键轨迹 TR1 被划分为五个阶段,即,停留在静止位置上、按压、停留在终点位置上、释放和停留在静止位置上。由于这一原因,存在 4 个阶段边界。另一方面,当用户正通过半行程移动键 1a 时,键 1a 在静止位置和终点位置之间的某个点处改变移动方向,并且轨迹 TR2 被划分为两个阶段,即,释放 PH6 和按压 PH7。由于这一原因,键轨迹 TR1 只有释放阶段 PH6 和按压阶段 PH7 之间的一个阶段边界。

[0183] 从所述阶段边界起的 n 个基准周期时间 nT 之后的时刻 t[n] 处的键位置 X[n] 表示为:

$$[0184] \quad X[n] = A[n]/2 \times t[n]^2 + V[n] \times t[n] \quad \dots\dots \text{等式 1}$$

[0185] 其中 A[n] 是等于 n 个基准周期时间 nT 的时间段到期 t[n] 时的加速度, V[n] 是 t[n] 处的速度。

[0186] 假设在步骤 S42 将离散值 yxA_d 正规化为正规化值 yxA。中央处理单元 20A 或 20B 开始图 11 所示的作业序列。中央处理单元 20A 或 20B 将时刻 t[n] 处的正规化值 yxA 存储在分配给被按压的键 1Aa 或 1Ba 的存储器位置中,如步骤 S60。

[0187] 随后,中央处理单元 20A 或 20B 从随机存取存储器 22A 或 22B 读出时刻 [n] 处的正规化值 yxA[n] 和前一正规化值 yxA[n-1],并且计算键速度 yv[n],如步骤 S61。

$$[0188] \quad yv[n] = (yx[n] - yx[n-1]) / T \quad \dots\dots \text{等式 2}$$

[0189] 随后,中央处理单元 20A 或 20B 检查键位置 yx[n] 和键速度 yx[n],以查看是否在阶段边界处发现键 1Aa 或 1Ba,如步骤 S62。

[0190] 如果键位置 yx[n] 被改变为 0 毫米或小于 0 毫米,则键 1Aa 或 1Ba 被发现处于释放阶段 PH4 和静止位置上的停留阶段 PH5 之间的边界处。如果键位置 yx[n] 被改变为 10 毫米或大于 10 毫米,则键 1Aa 或 1Ba 被发现处于按压阶段 PH2 和终点位置上的停留阶段 PH3 之间的边界处。如果键速度 yv[n] 在等于 0 的键位置上或者在释放阶段 PH6 中具有正值,则键 1Aa 或 1Ba 被发现处于静止位置上的停留阶段 PH1 和按压阶段 PH2 之间的阶段边界处、或者释放阶段 PH7 和下一按压阶段之间的阶段边界处。如果键速度数据 yv[n] 在等于 10 毫米的键位置上或者在按压阶段 PH6 中具有负值,则键 1Aa 或 1Ba 被发现处于终点位置上的停留阶段 PH3 和释放阶段 PH4 之间、或者按压阶段 PH6 和释放阶段 PH7 之间的阶段边界处。

[0191] 如果满足上述条件中的任何一个,则步骤 S62 处的答案给出为肯定“是”,并且中央处理单元 20A 或 20B 进行到下一步骤 S63。另一方面,如果上述条件都没有被满足,则步骤 S62 处的答案给出为否定“否”,并且中央处理单元 20A 或 20B 进行到步骤 S64,而不在步骤 S63 做任何执行。

[0192] 假设发现 1Aa 或 1Ba 处于所述阶段边界处。在步骤 S63, 中央处理单元 20A 或 20B 将以下初始值赋予基准周期时间 T 的数目 n、键位置 $y_x[n]$ 、键速度 $y_v[n]$ 、和加速度 $y_a[n]$ 。

[0193] $y_{x0} = y_x[n-1]$

[0194] $y_{x1} = y_x[n]$

[0195] $n = 1$

[0196] $y_{v0} = 0$

[0197] $y_{v1} = (y_{x1} - y_{x0}) / T$

[0198] $y_{a0} = 0,$

[0199] $y_{a1} = 0$

[0200] 这样, 在阶段边界处, 将基准周期 T 的数目 n、键位置 $y_x[n]$ 、键速度 $y_v[n]$ 和键加速度 $y_a[n]$ 重置为所述初始值。

[0201] 当完成步骤 S63 处的作业时, 或者对于步骤 S62 处的否定答案“否”, 中央处理单元 20A 或 20B 在步骤 S64 确定时刻 $t[n]$ 处的加速度 $y_a[n]$ 。

[0202] $y_a[n] = (y_v[n] - y_v[n-1]) / T$ 等式 3

[0203] 中央处理单元 20A 或 20B 估计初始键速度 $V_v[n]$, 如步骤 S64。中央处理单元 20A 或 20B 估计通过当前键位置 $y_x[n]$ 和之前的键位置 $y_x[n-1]$ 以及 $y_x[n-2]$ 的键轨迹, 如步骤 S66, 并且根据所估计的键轨迹来确定初始键速度 $V_v[n]$ 。初始键速度 $V_v[n]$ 被给出为

[0204] $V_v[n] = \{(2 \times n - 1) \times y_v[n-1] - (2 \times n - 3) \times y_v[n]\} / 2$ 等式 4

[0205] 键加速度 $y_a[n]$ 和初始键速度 $V_v[n]$ 被存储在分配给键 1Aa 或 1Ba 的随机存取存储器 22A 或 22B 的某个存储器位置中。

[0206] 最后, 中央处理单元 20A 或 20B 估计当前阶段中的键轨迹, 并且推测在比当前时刻 $t[n]$ 滞后通信时间迟延 D 的时刻 $t[n+D]$ 处的键位置 $r_x[n]$ 和键速度 $r_v[n]$, 如步骤 S67。

[0207] 详细地讲, 中央处理单元 20A 或 20B 从随机存取存储器 22A 或 22B 中依序读出初始键速度 V_{v1} 、...、和 $V_v[n]$ 的值, 并且对值 V_{v1} 、...、和 $V_v[n]$ 求平均, 即, $V[n] = (V_{v1} + \dots + V_v[n]) / n$ 。此外, 中央处理单元 20A 或 20B 依序读出键加速度的值 y_{a2} 、...、 y_{an} , 并且将这些值平均为 $A[n] = (y_{a2} + \dots + y_{an}) / (n-1)$ 。由于当前阶段中的键轨迹 $X[n]$ 被表示为 $X[n] = A[n] / 2 \times t[n]^2 + V[n] \times t[n]$ (参见等式 1), 因此在比当前时刻 $t[n]$ 滞后通信时间迟延 D 的时刻 $t[n+D]$ 处的键位置 $r_x[n]$ 和键速度 $r_v[n]$ 分别由等式 5 和 6 给出。

[0208] $r_x[n] = A[n] / 2 \times t[n+D]^2 + V[n] \times t[n+D]$ 等式 5

[0209] $r_v[n] = A[n] \times t[n+D] + V[n]$ 等式 6

[0210] 如将从前面的描述理解的那样, 预键数据提供器 25A 或 25B 在键 1Aa 或 1Ba 到达当前阶段和下一阶段之间的阶段边界之前估计键轨迹, 并且推测该键轨迹上的键位置 r_{xB} 或 r_{xA} 以及键速度 r_{vB} 或 r_{vA} 。期望在比当前时刻滞后通信时间迟延 D 的时刻处发现键 1Aa 或 1Ba 处于键位置 r_{xB} 或 r_{xA} 上以及处于键速度 r_{vB} 或 r_{vA} 。控制系统 18Ba 或 18Aa 通过在推测键位置 r_{xB}/r_{xA} 和实际键位置 y_{xB}/y_{xA} 之间的比较以及在推测键速度 r_{vB}/r_{vA} 和实际键速度 y_{vB}/y_{vA} 之间的比较来进行伺服控制, 使得与键 1Aa 或 1Ba 同步地在轨线上移动键 1Ba 或 1Aa。这样, 通过预键数据提供器 25A 或 25B 和伺服控制器 12B 或 12A 中的数据处理补偿了通信时间迟延 D。用户 A 和 B 可以在自动演奏器钢琴 PC 和 PD 二者上以良好的合

奏来演奏音乐曲调的不同部分。

[0211] 本发明人通过实验确认了同步的键移动 1Aa 和 1Ba。在该实验中,键 1Ba 跟随键 1Aa。本发明人绘制了由等式 1 表示的估计键轨迹 $X[n]$ 上的键 1Aa 的键位置、通过使用等式 5 推测的推测键轨迹上的键 1Aa 的键位置 rx_B 、以及键 1Ba 的实际键位置 yx_B ,如图 13 所示。估计键轨迹由图线 PL1 表示,图线 PL1 在形状上接近于表示实际键轨迹的图线 PL2。图线 PL1 和图线 PL2 之间的时间差等于通信时间迟延 D。

[0212] 此外,本发明人绘制了估计键轨迹上的估计键速度 $V[n]$ 、推测键轨迹上的推测键速度 rv_B 、以及实际键轨迹上的实际键速度 yv_B ,如图 14 所示。表示推测键速度 rv_B 的图线 PL3 相对于表示估计键速度 $V[n]$ 的图线 PL4 而被延迟了通信时间迟延 D,表示实际键速度 yv_B 的图线 PL5 接近于图线 PL4。根据这些图线可以理解,键 1Ba 与键 1Aa 良好地同步。

[0213] 此外,推测键轨迹使生成通过从属乐器产生的原声钢琴音调的定时、音调生成时的键速度、使钢琴音调衰减的定时、以及衰减时的键速度与主乐器的那些一致。主乐器是指用户 A 或 B 在其上用手指弹奏音乐曲调的自动演奏器钢琴 PC 或 PD,从属乐器是指再现这些原声钢琴音调的自动演奏器钢琴 PD 或 PC。

[0214] 与阶段 PH1 至 PH5 不同地确定阶段 PH6 和 PH7,使得推测键轨迹表示主乐器上的表演风格的差异。这使得能以高保真度再现演奏。

[0215] 由于对于估计键轨迹 $X[n]$ 考虑了加速度 $A[n]$,因此音色上的差异被反映在估计键轨迹中,从而被反映在推测键轨迹中。这样,通过从属乐器再现的原声钢琴音调在音色上接近在主乐器上产生的原声钢琴音调。

[0216] 可以利用图 15 所示的作业序列来替换图 8 所示的作业序列。在音乐演奏系统的自动演奏器钢琴中采用图 8 所示的作业序列,并且自动演奏器钢琴分别具有内部钟表(watch)。该内部钟表指示年、月、日、小时、分钟、秒和亚秒(sub-second) tt 。当内部钟表采取从亚秒到秒的数字时,亚秒返回 0,并且该内部钟表开始再次递增亚秒。

[0217] 当中央处理单元开始图 15 所示的作业序列时,每个自动演奏器钢琴的中央处理单元利用通过无线电波广播标准时间的标准钟表来设置内部钟表,如步骤 S68。

[0218] 随后,自动演奏器钢琴之一的中央处理单元读取内部钟表上的当前时刻 tt_A ,并且将事件代码和表示当前时刻 tt_A 的时间代码通过因特网发送给另一自动演奏器钢琴,如步骤 S69。该事件代码表示时间迟延的测量。

[0219] 所述事件代码和时间代码到达另一自动演奏器钢琴,并且中央处理单元在内部钟表上读取到达时刻 tt_B 。中央处理单元通过时刻 tt_A 和到达时刻 tt_B 之间的减法来确定通信时间迟延 DAB,如步骤 S70。

[0220] 另一自动演奏器钢琴的中央处理单元在内部钟表上读取当前时刻 tt_B' ,并且将事件代码和表示当前时刻 tt_B' 的时间代码通过因特网发送给所述自动演奏器钢琴,如步骤 S71。

[0221] 所述事件代码和时间代码到达所述自动演奏器钢琴,并且中央处理单元在内部钟表上读取到达时刻 tt_A' 。中央处理单元通过时刻 tt_B' 和到达时刻 tt_A' 之间的减法来确定通信时间迟延 DBA。

[0222] 自动演奏器钢琴发送表示通信时间迟延 DAB 和 DBA 的时间代码,以便交换通信时间迟延 DAB 和 DBA,如步骤 S73。这样,确定了通信时间迟延。

[0223] 如果另一自动演奏器钢琴的中央处理单元在步骤 S71 与所述事件代码和时间代码 ttB' 一起发送表示通信时间迟延 DAB 的时间代码,则减少了发送步骤。此外,可以重复所述作业序列,以便将通信时间迟延确定为多个通信时间迟延 DAB/DBA 的平均值。

[0224] 尽管在音乐会话中对于通信时间迟延 D 将步骤 S29 处的准备工作执行一次,但是可以在该音乐会话期间重复对通信时间迟延 D 的确定。图 16 示出了用于周期性地测量通信时间迟延 D 的作业序列。当中央处理单元重复由步骤 S30 至 S34B 组成的循环时,中央处理单元通过定时器中断周期性地进入图 16 所示的作业序列。

[0225] 当中央处理单元进入所述作业序列时,中央处理单元检查随机存取存储器,以查看是否任何一个键到达终点位置,如步骤 S74A。当步骤 S74A 的答案给出为否定“否”时,中央处理单元立即返回到循环 S30 至 S34。

[0226] 另一方面,如果该答案给出为肯定,则中央处理单元将事件代码和表示当前时刻 tA 的时间代码通过通信网络发送给另一自动演奏器钢琴,如步骤 S74B。当接收到该事件代码和时间代码 tA 时,另一自动演奏器钢琴将该事件代码和表示到达时刻的时间代码 tB 发送给所述该自动演奏器钢琴,如步骤 S75。

[0227] 当事件代码和时间代码 tB 到达该自动演奏器钢琴时,将到达时间代码 tB 储存在随机存取存储器中,如步骤 S76。中央处理单元通过当前时刻 tA 和到达时刻 tB 之间的减法来确定通信时间迟延,如步骤 S77。

[0228] 图 17 示出了主乐器中的实际键轨迹 tEA 上的键位置、以及从属乐器中的实际键轨迹上的键位置、推测键轨迹 $trEB$ 上的键位置。推测键轨迹 $trEB$ 由于通信时间迟延而相对于实际键轨迹 tEA 被延迟,实际键轨迹 tEB 由于电磁控制的键致动器、即机械延迟而相对于推测键轨迹 $trEB$ 被延迟。

[0229] 如图 18 所示,对于对应键的控制,考虑了通信时间迟延和机械时间迟延二者。由于如图 16 所示的那样确定通信时间迟延 DAB/DBA,因此为简单起见,从图 18 所示的作业序列中删除了用于确定通信时间迟延 DAB/DBA 的作业。

[0230] 中央处理单元通过定时器中断周期性地进入所述作业序列。当自动演奏器钢琴的中央处理单元进入该作业序列时,中央处理单元检查随机存取存储器,以查看是否任何一个键到达终点位置,如步骤 S78A。

[0231] 如果步骤 S78A 处的答案给出为否定“否”,则自动演奏器钢琴的中央处理单元立即返回到循环 S30 至 S34B。另一方面,当中央处理单元发现到达终点位置的键时,步骤 S78A 处的答案给出为肯定“是”。对于肯定答案“是”,中央处理单元将图线 tEA 上的时间存储在随机存取存储器中,并且将事件代码和表示图线 $trEB$ 上的时间的的时间代码发送到另一自动演奏器钢琴,如步骤 S78B。

[0232] 当所述事件代码和时间代码到达另一自动演奏器钢琴时,另一自动演奏器钢琴的中央处理单元将图线 $trEB$ 上的时间存储在随机存取存储器中,如步骤 S79。

[0233] 另一自动演奏器钢琴的中央处理单元检查随机存取存储器,以查看对应的键是否到达终点位置,如步骤 S80A。如果步骤 S80A 处的答案给出为否定“否”,则中央处理单元返回到所述循环。另一方面,当对应键到达终点位置时,则步骤 S80A 处的答案给出为肯定“是”,并且中央处理单元通过减法来确定机械时间迟延 DrB ,如步骤 S80B。另一自动演奏器钢琴的中央处理单元将表示该机械时间迟延 DrB 的时间代码发送给所述自动演奏器钢琴,

如步骤 S81。

[0234] 当所述时间代码到达该自动演奏器钢琴时,该自动演奏器钢琴的中央处理单元通过通信时间迟延和机械时间迟延之间的加法来确定总延迟 DD,如步骤 S82。

[0235] 图 18 所示的作业序列形成了图 6 所示的音乐会话的一部分。由于对于从属乐器的键的控制不仅考虑了通信时间迟延而且考虑了机械时间迟延,因此从属乐器的键与主乐器的键良好地同步,并且在主乐器和从属乐器二者上同时演奏音乐曲调。

[0236] 第三实施例

[0237] 转到附图的图 19,实施本发明的再一演奏系统包括自动演奏器钢琴 PE 和 PF 以及因特网 N。

[0238] 除了音乐数据产生系统 19E 和 19F 以外,自动演奏器钢琴 PE 和 PF 与自动演奏器钢琴 PA 和 PB 相似。由于这一原因,利用指定自动演奏器钢琴 PA 和 PB 的对应组件的附图标记来标注自动演奏器钢琴 PE 和 PF 的其它组件,并且为简单起见而不进行详细描述。此外,利用指定图 2 所示的原声钢琴的对应组成部件和图 3 所示的控制系统 18Aa 和 18Ba 的系统组件。

[0239] 在音乐数据产生系统 19E 和 19F 中分别包括预事件数据提供器 29A 和 29B,预事件数据提供器 19E 和 19F 是自动演奏器钢琴 PE 和 PF 的特征。在下文中,将描述集中于预事件数据提供器 PE 和 PF。

[0240] 假设自动演奏器钢琴 PE 和 PF 被分配给用户 A 和 B。假设用户 A 在自动演奏器钢琴 PE 的原声钢琴 1A 的键 1Aa 上演奏音乐。当音乐数据处理系统 19E 发现被移动的键 1Aa 时,音乐数据产生系统 19E 基于键位置数据来产生推测事件数据代码 evBB。通过预事件数据提供器 29A 的功能来产生推测事件数据代码 evBB。将推测事件数据代码 evBB 装载在分组中,并且通过因特网 N 将该分组从通信系统 15A 发送到通信系统 15B。

[0241] 当分组到达通信系统 15B 时,从该分组中卸载推测事件数据代码 evBB,将推测事件数据代码 evBB 提供给电子音调生成系统 16B,并且通过电子音调生成系统 16B 的声音系统来生成电子音调。还将推测事件数据代码 evBB 提供给控制系统 18Ba,控制系统 18Ba 基于该推测事件数据代码来确定基准前向无声轨迹。控制系统 18Ba 强迫对应键 1Ba 在基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹上行进。由于在对推测事件数据代码 evBB 的准备工作中考虑了通信时间迟延,因此与键 1Aa 同步地移动对应键 1Ba。这样,在两个自动演奏器钢琴 PE 和 PF 上同时演奏音乐曲调。

[0242] 图 20 示出了用于被按压的键 1Aa 和对应键 1Ba 的作业序列,当释放被按压的键 1Aa 时,对于被释放的键 1Aa 产生推测事件数据代码 evBB,并且强迫对应键 1Ba 在基准后向无声轨迹上行进。用于被释放的键的作业序列类似于图 20 所示的作业序列。在下文中,对仅用于被按压的键的作业序列进行描述。

[0243] 当用户 A 按压键 1Aa 时,相关联的键传感器 6A 发现被按压的键 1Aa,如步骤 S83,并且,将键位置数据从相关联的键传感器 6 提供给信号接口。控制系统 18Aa 的中央处理单元 20 周期性地从信号接口中提取键位置数据,以便将该键位置数据的值累积存储在随机存取存储器 22 中。

[0244] 中央处理单元 20 分析键位置数据,如步骤 S84,并且产生表示推测键事件的推测

事件数据代码 evBB, 如步骤 S85。推测键事件指示在比当前时刻滞后所述通信时间迟延的时刻处的音符开键事件或音符关键事件。这样, 在实际的音符开事件和实际的音符关事件之前预先通知音符开键事件和音符关键事件。在下文中, 对如何产生所述事件数据代码进行描述。

[0245] 将推测键事件代码 evBB 装载在分组中, 并且通过因特网 N 将分组发送到自动演奏器钢琴 PF, 如步骤 S86。自动演奏器钢琴 PF 接收该分组, 如步骤 S87。

[0246] 从所述分组中卸载推测键事件数据, 并且将其传递到自动演奏系统 18B。自动演奏系统 18B 强迫对应键 1Ba 在基准前向无声轨迹上行进, 如步骤 S88。尽管在分组发送和分组接收之间不可避免地引入通信时间迟延, 但是在实际的音符开键事件之前产生了推测键事件数据, 使得与被按压的键 1Aa 同步地移动对应键 1Ba。

[0247] 还将推测键事件数据传递到电子音调生成系统 16B, 并且通过电子音调生成系统 16B 产生电子音调, 如步骤 S89。

[0248] 当用户 B 按压键 1Ba 时, 重复上述作业, 如步骤 S90、S91、S92、S93、S94、S95 和 S96。在图 19 中, 利用“evA”来标注用于自动演奏器钢琴 PE 的推测键事件数据。强迫对应键 1Aa 在基准前向无声轨迹上行进, 并且生成电子音调。

[0249] 当用户 A 按压另一个键 1Aa 时, 预事件数据提供器 29A 执行与步骤 S83 至 S86 处的作业相同的作业, 如步骤 S97、S98、S99 和 S100。

[0250] 尽管未在图 20 中示出, 但是当用户 A 或 B 释放被按压的键 1Aa 或 1Ba 时, 预事件数据提供器 29A 或 29B 产生音符关事件的推测事件数据代码 evBB 或 evA, 并且将该推测事件数据发送到另一自动演奏器钢琴 PH 或 PG。控制系统 18Ba 或 18Aa 基于该推测事件数据确定基准后向键轨迹, 并且强迫对应的键 1Ba 或 1Aa 在基准后向无声轨迹上行进。结果, 使制音器 8 与振动的琴弦 4 接触, 并且制音器 8 使原声钢琴音调被衰减。

[0251] 尽管未在图中示出, 但是在音乐会话中, 中央处理单元 20A 执行与图 7 和 8 所示的作业序列相似的作业序列, 并且确定通信时间迟延。然而, 用于键的数据处理与对应的步骤 S31 不同。现在假设用户 A 在音乐会话中按压键 1Aa 之一, 中央处理单元 20A 通过图 21 所示的作业序列产生推测键事件数据代码 evBB。基准周期时间 T 的数目被表示为“n”, 并且假设从离开静止位置起对基准周期时间进行计数。键速度 V 被表示为 $V[n]$, 并且假设最终弦槌速度 vv 与键速度 V 成比例。换言之, 最终弦槌速度 vv 被表示为 $vv = m \times V[n]$, 其中 m 是系数。

[0252] 当中央处理单元 20A 进入所述作业序列时, 中央处理单元 20A 提取表示键 1Aa 的当前键位置 $yx[n]$ 的键位置数据, 并且在模数转换和正规化之后将键位置数据 $yx[n]$ 累积存储在随机存取存储器 22A 中, 如步骤 S101。

[0253] 随后, 中央处理单元 20A 确定当前键速度 $yv[n]$, 如步骤 S102。当前键速度 $yv[n]$ 由等式 2 给出, 即, $yv[n] = (yx[n] - yx[n-1]) / T$ 。中央处理单元 20A 对当前键速度的值求平均, 如步骤 S103。平均值 $V[n]$ 被给出为 $V[n] = (yv1 + \dots + yv[n]) / n$ 。

[0254] 随后, 中央处理单元 20A 推测在比当前时刻 [n] 滞后通信时间迟延 D 的时刻处的键位置 $rx[n+D]$, 如步骤 S104。推测键位置 $rx[n+D]$ 被给出为等式 7。

[0255] $rx[n+D] = yx[n] + V[n] \times (D \times T)$ 等式 7 其中 T 是等于基准周期时间 T 的时间段。这样, 通过使用绝对时间 $(D \times T)$ 来表示从当前时刻到推测键位置 $rx[n+D]$

的时刻的时间间隔。

[0256] 在图 22 中图示了步骤 S101 至 S104 的数据处理。当前时刻被表示为 $[n]$, $yv[n]$ 指示时刻 $[n-1]$ 和时刻 $[n]$ 之间的当前键速度。平均键速度 $V[n]$ 从时刻 0 至时刻 $[n]$ 是合适的。由于期望键 1A 以平均键速度 $V[n]$ 移动, 因此可以基于表示该平均键速度 $V[n]$ 的图线来确定键位置 $rx[n+D]$ 。这样, 中央处理单元 20A 推测在比当前时刻 $t[n]$ 滞后通信时间迟延 D 的时刻 $[n+D]$ 处的键位置, 如步骤 S104。

[0257] 随后, 中央处理单元 20A 将推测键位置 $rx[n+D]$ 与终点位置相比较, 以查看键 1Aa 是否被认为是在时刻 $t[n+D]$ 到达终点位置, 如步骤 S105。在此实例中, 终点位置与静止位置分开 10 毫米。

[0258] 当发现推测键位置 $rx[n+D]$ 处于前往静止位置的途中时, 步骤 S105 处的答案给出为否定“否”, 并且中央处理单元 20A 立即返回到循环 S30 至 S34B。然而, 当发现推测键位置 $rx[n+D]$ 处于终点位置上时, 步骤 S105 处的答案改变为肯定“是”。然后, 中央处理单元 20A 产生推测键事件数据代码 $evBB$ 。用于音调生成的推测键事件数据代码 $evBB/evA$ 在格式上与表示音符开键事件的音乐数据代码相同。将音符开消息、与键号码相同的音符号码、与最终弦槌速度 vv 相等的速度存储在推测键事件数据代码 $evBB$ 中。最后, 中央处理单元 20A 将推测键事件数据 $evBB$ 发送给自动演奏器钢琴 PF, 如步骤 S106。

[0259] 自动演奏系统 18B 强迫对应键 1Ba 在基准前向无声键轨迹上行进, 并且电子音调生成系统 16B 产生电子音调来代替原声钢琴音调。自动演奏系统 18B 的行为与图 9B 所示的行为相似。尽管在推测键事件数据代码 $evBB/evA$ 的发送和接收之间不可避免地引入通信时间迟延 D , 但是在被按压的键到达终点位置之前将推测键事件数据代码 $evBB/evA$ 发送到另一自动演奏器钢琴, 使得消除该通信时间迟延。由于这一原因, 与被按压的键同步地移动对应的键。

[0260] 当释放被按压的键 1Aa 时, 预事件数据提供器 29A 产生与表示音符开键事件的键事件数据代码相似的、表示音符关键事件的推测键事件数据代码 $evBB$, 并且将推测键事件数据代码 $evBB$ 发送给另一自动演奏器钢琴 PF。

[0261] 当用户 B 在自动演奏器钢琴 PF 上用手指弹奏音乐曲调时, 预事件数据提供器 29B 通过图 21 所示的数据处理产生推测键事件数据代码 evA , 并且通信系统 15B 将推测键事件数据代码 evA 发送给自动演奏器钢琴 PE 的通信系统 15A。移动对应的键 1Aa, 并且如结合自动演奏器钢琴 PF 描述的那样生成电子音调。

[0262] 如将从前面的描述理解的那样, 自动演奏器钢琴 PE 或 PF 在键事件发生之前产生推测键事件数据代码 $evBB/evA$, 并且将该推测键事件数据代码 $evBB/evA$ 从自动演奏器钢琴 PE 和 PF 中的一个发送到自动演奏器钢琴 PF 或 PE 中的另一个。推测键事件数据代码 $evBB/evA$ 使键事件在自动演奏器钢琴 PE 和 PF 二者中发生。这样, 在自动演奏器钢琴 PE 和 PF 二者中同步地驱动键和对应的键。

[0263] 在第三实施例中, 假设键轨迹由如图 22 所示的线性线表示。然而, 可以将键轨迹表示为诸如二阶曲线的非线性线。可以通过图 15 或图 16 所示的作业序列来确定通信时间迟延 D 。

[0264] 预事件数据提供器 29A 和 29B 可以产生表示在比当前时刻滞后总延迟时间的时刻处的推测键事件的推测事件数据代码, 所述总延迟时间即通信时间迟延和机械时间迟延的

总和。按照下面所述来确定总延迟时间。

[0265] 图 23 示出了用于测量总时间延迟、即通信时间延迟和机械时间延迟的总和的作业序列。基于图 18 所示的作业序列来准备图 23 所示的作业序列。假设将推测事件数据代码 evBB 从自动演奏器钢琴 PE 发送给另一自动演奏器钢琴 PF。

[0266] 自动演奏器钢琴 PE 的中央处理单元 20 周期性地检查分配给弦槌传感器 7A 的信号接口,以查看是否使弦槌 3 中的任何一个与相关联的琴弦 4 碰撞,如步骤 S107A。当该答案给出为否定“否”时,中央处理单元 20 立即返回到循环 S30 至 S34B。

[0267] 假设用户按压键 1Aa 之一。自动演奏器钢琴 PE 的中央处理单元 20 执行对键位置数据的数据处理,以便如上文所述的那样产生推测键事件数据。被按压的键 1Aa 引起相关联的动作单元 2 的致动,这继而引起相关联的弦槌 3 的旋转。当弦槌 3 正朝着相关联的琴弦 4 旋转时,弦槌传感器 7A 改变弦槌位置信号 S2,弦槌位置信号 S2 的值被周期性地提取,并且被累积存储在随机存取存储器 22 中。当使弦槌 3 与琴弦 4 碰撞时,中央处理单元 20 确认与琴弦 4 的碰撞,并且步骤 S107A 处的答案改变为肯定“是”。然后,中央处理单元 20 确定使弦槌 3 与琴弦 4 碰撞的时刻 tEA。

[0268] 中央处理单元 20 将时刻 tEA 储存在随机存取存储器 22 中,并且将装载了事件代码和表示时刻 tEA 的时间数据代码的分组通过因特网 N 发送给另一自动演奏器钢琴 PF,如步骤 S107B。

[0269] 当该分组到达通信系统 15B 时,中央处理单元 20 确定该分组到达通信系统 15B 的时刻,并且将时间数据 trEB 储存在随机存取存储器 22 中,如步骤 S108。

[0270] 自动演奏器钢琴 PF 的中央处理单元 20 周期性地检查随机存取存储器 20,以查看弦槌 3 是否被认为与相关联的琴弦 4 碰撞,如步骤 S109A。弦槌传感器 7B 监控与对应的键 1Ba 相关联的弦槌 3,并且将弦槌位置数据累积存储在随机存取存储器 22 中。由于相关联的键 1Ba 在基准前向无声轨迹上行进,因此弦槌 3 没有到达相关联的琴弦 4。当弦槌 3 通过脱离而开始旋转时,中央处理单元 20 在动作单元 2 通过脱离而将标准的力发送给弦槌 3 的假设下,推测使弦槌 3 与琴弦 4 碰撞的时刻 tEB。中央处理单元 20 从时刻 tEB 中减去到达时刻 trEB,以便确定机械时间延迟 DrB,如步骤 S109B。

[0271] 中央处理单元 20 产生装载了表示到达时刻 trEB 和机械时间延迟 DrB 的时间数据的分组,并且通过因特网 N 将该分组发送给自动演奏器钢琴 PE,如步骤 S110。

[0272] 当该分组到达通信系统 15A 时,从该分组中卸载时间数据。自动演奏器钢琴 PE 的中央处理单元 20 从到达时刻 trEB 中减去时刻 tEA,以便确定通信时间延迟。中央处理单元将该通信时间延迟加到机械时间延迟 DrB 上,并且确定总延迟时间 DD,如步骤 S111。

[0273] 第四实施例

[0274] 转到附图的图 24,实施本发明的另一音乐演奏系统主要包括自动演奏器钢琴 PG 和 PH 以及因特网 N。除了用于音乐会话的子例程以外,自动演奏器钢琴 PG 和 PH 类似于自动演奏器钢琴 PE 和 PF。由于这一原因,利用指定自动演奏器钢琴 PE 和 PF 的对应组件的附图标记,来标注自动演奏器钢琴 PG 和 PH 的组件,而不进行详细描述。此外,利用指定图 2 所示的原声钢琴的对应组成部件和图 3 所示的控制系统 18Aa 和 18Ba 的系统组件,来标注自动演奏器钢琴的原声钢琴的组成部件以及控制系统 18Aa 和 18Ba 的系统组件。

[0275] 除了用于驱动对应的键 1Aa 或 1Ba 的作业序列以外,用于音乐会话的子例程与第

三实施例的用于音乐会话的子例程不同。在实现第四实施例的音乐演奏系统中,主乐器的中央处理单元 20 产生用于被按压的键和被释放的键的推测键事件数据代码 evBB/evA,并且从属乐器的中央处理单元 20 基于推测键事件数据代码 evBB/evA,确定基准前向键轨迹和基准后向键轨迹,而不是基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹。从属乐器的控制系统 18Aa 或 18Ba 强迫键 1Aa 或 1Ba 在基准前向键轨迹和基准后向键轨迹上行进,使得在从属乐器中通过琴弦 4 的振动生成原声钢琴音调。

[0276] 图 25 示出了用于音乐会话的作业序列。当用户 A 按压键 1Aa 时,相关联的键传感器 6A 发现被按压的键 1Aa,如步骤 S121,并且,将键位置数据从相关联的键传感器 6A 提供给信号接口。中央处理单元 20 周期性地从信号接口提取键位置数据,以便将键位置数据的值累积存储在随机存取存储器 22 中。

[0277] 中央处理单元 20 分析键位置数据,如步骤 S122,并且产生表示推测键事件的推测事件数据代码 evBB,如步骤 S123。推测键事件指示在比当前时刻滞后所述通信时间迟延的时刻处的音符开键事件或音符关键事件。这样,在实际音符开事件和实际音符关事件之前,预先通知音符开键事件和音符关键事件。通过图 21 所示的作业序列产生推测事件数据代码 evBB。

[0278] 将推测键事件代码 evBB 装载在分组中,并且通过因特网 N 将该分组从自动演奏器钢琴 PG 发送给自动演奏器钢琴 PH,如步骤 S124。自动演奏器钢琴 PH 接收该分组,如步骤 S125。

[0279] 从该分组中卸载推测键事件数据,并且将推测键事件数据传递给自动演奏系统 18B。自动演奏系统 18B 基于推测事件数据确定基准前向键轨迹,并且强迫对应的键 1Ba 在基准前向键轨迹上行进,如步骤 S126。对应的键 1Ba 驱动相关联的动作单元 2,该动作单元 2 继而引起相关联的弦槌 3 的旋转。弦槌 3 在旋转的终点与琴弦 4 碰撞,并且引起琴弦 4 的振动。结果,通过琴弦 4 的振动产生原声钢琴音调。

[0280] 尽管在分组发送和分组接收之间不可避免地引入通信时间迟延,但是在实际音符开键事件之前产生了推测键事件数据,使得与被按压的键 1Aa 同步地移动对应的键 1Ba。

[0281] 当用户 B 按压键 1Ba 时,重复上述作业,如步骤 S127、S128、S129、S130、S131 和 S132。强迫对应的键 1Aa 在基准前向键轨迹上行进,并且生成电子音调。

[0282] 当用户 A 按压另一个键 1Aa 时,预事件数据提供器 29A 执行与步骤 S121 至 S124 处的作业相同的作业,如步骤 S133、S134、S135 和 S136。

[0283] 尽管未在图 25 中示出,但是当用户 A 或 B 释放被按压的键 1Aa 或 1Ba 时,预事件数据提供器 29A 或 29B 产生用于音符关事件的推测事件数据代码 evBB/evA,并且将该推测事件数据发送给另一自动演奏器钢琴 PH 或 PG。控制系统 18Ba 或 18Aa 基于该推测事件数据确定基准后向键轨迹,并且强迫对应的键 1Ba 或 1Aa 在基准后向无声轨迹上行进。结果,制音器 8 与振动的琴弦 4 接触,并且使原声钢琴音调被衰减。

[0284] 如将从前面的描述理解的那样,利用指示在比当前时刻滞后所述通信时间迟延的时刻处的键事件的推测键事件数据来消除通信时间迟延。由于这一原因,与主乐器的键同步地移动从属乐器的键。

[0285] 预事件数据提供器 29A 和 29B 可以产生表示在比当前时刻滞后所述总延迟时间的时刻处的推测键事件的推测事件数据代码 evBB/evA,所述总延迟时间即通信时间迟延和机

械时间迟延的总和。可以通过图 23 所示的作业序列来确定所述总延迟时间。

[0286] 修改

[0287] 尽管已经示出和描述了本发明的特定实施例,但是对于本领域技术人员来说清楚的是,可以在不背离本发明的精神和范围的情况下进行各种改变和修改。

[0288] MIDI 协议不对本发明的技术范围设置任何限制。其它种类的音乐数据协议是已知的,并且可以用于在所述音乐演奏系统中使用的音乐数据代码。

[0289] 推测键运动数据和推测事件数据不对本发明的技术范围设置任何限制。可以将键位置数据的采样值从主乐器发送到从属乐器。在此实例中,键传感器具有与键行程一样宽或者比键行程宽的可检测范围,并且从属乐器的控制系统推测到达时刻的键位置或键事件。

[0290] 自动演奏器钢琴之一可以充当主乐器。在此实例中,将推测键运动数据或推测事件数据单向地从主乐器发送到一个或多个从属乐器。

[0291] 音乐演奏系统的自动演奏器钢琴可以具有键传感器 6 或弦槌传感器 7。换言之,键传感器 6 或弦槌传感器 7 是可有可无的。

[0292] 可以将键速度传感器或活塞速度传感器安装在自动演奏器钢琴 PA 和 PB 中。在此实例中,运动控制器 12 根据键速度信号或活塞速度信号直接确定当前键速度。

[0293] 脉宽调制不对本发明的技术范围设置任何限制。可以将任何种类的信号调制用于伺服控制,只要磁场强度可以控制即可。

[0294] 因特网 N 不对本发明的技术范围设置任何限制。可以通过 LAN(局域网)或 MAN(城域网)连接自动演奏器乐器 PA 和 PB。所述网络可以基于以太网(商标)。

[0295] 分组发送不对本发明的技术范围设置任何限制。可以通过经由线缆的基带发送来将推测键运动数据和推测事件数据从主乐器发送到从属乐器。另外,可以通过无线电信道将推测键运动数据和推测事件数据从主乐器发送到从属乐器。

[0296] 可以从利用存储在只读存储器 21 中的控制数据修正的键轨迹数据产生用于基准前向无声轨迹的基准键速度。在此实例中,首先在个体化的演奏数据的基础上确定基准前向键速度,所述演奏数据被存储在从另一自动演奏器钢琴 PA 或 PB 接收的音乐数据代码中,并且,利用控制数据来修正表示基准前向键轨迹的键轨迹数据。

[0297] 可以将日本专利申请特许公开 No. 2006-235216 中公开的键控制技术用于步骤 S5 处的键驱动。如上文所述,动作单元 2 通过脱离引起弦槌 3 的旋转。可以通过在该日本专利申请特许公开中公开的键控制技术,在脱离之前瞬间停止被按压的键 1a。换言之,在脱离之前瞬间的某个键位置上终止基准前向无声轨迹,使得不会驱动弦槌 3 进行旋转。这导致键 1a 的移动而没有任何原声钢琴音调。

[0298] 两个自动演奏器钢琴 PA 和 PB 不对本发明的技术范围设置任何限制。可以通过通信系统连接超过两个的自动演奏器钢琴,以便在它们之间进行音乐会话。

[0299] 自动演奏器钢琴不对本发明的技术范围设置任何限制。在本发明的音乐演奏系统中可以包含自动演奏器钢琴和另一种类的乐器,只要所述种类的乐器具有产生音乐数据的能力即可。电子键盘、电子钢琴、以及诸如例如电子管乐器的另一种类的电子乐器可以充当所述种类的电子乐器。

[0300] 另一种类的自动演奏器乐器可以参与音乐会话。自动演奏器管乐器、自动打击乐

器和自动弦乐器是所述种类的自动演奏器乐器的示例。

[0301] 本发明可以适合于乐器的另一种操纵器。自动演奏器钢琴具有由电磁控制的致动器驱动的钢琴踏瓣。可以在主乐器中产生对应于推测键运动数据和推测事件数据的推测踏瓣运动数据或推测踏瓣事件数据,并且将推测踏瓣运动数据或推测踏瓣事件数据发送到从属乐器。

[0302] 可以重复步骤 S35 至 S38。在此实例中,可以作为结果的平均值来确定通信时间延迟 D。

[0303] 通信时间延迟 D 可以是可变的。在此实例中,预键数据提供器 25A 和 25B 通过优化系数而使推测键轨迹与实际键轨迹精确地重合。为了使推测键轨迹与实际键轨迹精确地重合,将推测键位置 rx_B 乘以所述系数,并且周期性地更新该系数。

[0304] 另外,可以根据估计键轨迹的梯度来改变通信时间延迟 D。在此实例中,当预键数据提供器 25A 和 25B 在步骤 S66 确定估计键轨迹时,预键数据提供器 25A 和 25B 基于估计键轨迹的梯度来确定系数,并且将该系数乘到通信时间延迟 D 上,以便使推测键轨迹被适当地衰减。

[0305] 两种手指弹奏,即标准手指弹奏和半行程手指弹奏不对本发明的技术范围设置任何限制。可以为其它种类的手指弹奏准备多组阶段,所述其它种类的手指弹奏例如为没有任何音调的键移动,其中,键移动引起弦槌旋转而没有与琴弦的碰撞。

[0306] 所述阶段边界 PH1 至 PH5、PH6 和 PH7 不对本发明的技术范围设置任何限制。可以将标准键轨迹划分为少于 5 个阶段或者多于 5 个阶段。可以将半行程键轨迹划分为多于两个阶段 PH6 和 PH7。

[0307] 在音乐会话中可以对机械时间延迟测量一次。在此实例中,总延迟 DD 被引入到所有推测键轨迹中。另外,可以在每个键到达终点位置时测量机械时间延迟。在此实例中,在主乐器上的演奏期间更新机械时间延迟。

[0308] 在图 18 所示的作业序列中,当键到达终点位置时,将事件代码和时间代码 tr_{EB} 发送到从属乐器。然而,该终点位置不对本发明的技术范围设置任何限制。当到达所述阶段边界之一或者多于一个的阶段边界时,主乐器的中央处理单元可以进行到步骤 S78B。

[0309] 可以多次测量机械时间延迟。在此实例中,机械时间延迟被给出为所测量的机械时间延迟值的平均值。

[0310] 可以在主乐器和从属乐器之间共享总延迟 DD。另外,主乐器和从属乐器可以独立地确定总延迟 DD。

[0311] 在第三实施例中,基于基准前向无声轨迹来推测时刻 t_{EA} 。另外,可以将振动传感器或麦克风安装在自动演奏器钢琴 PE 和 PF 中,以便将琴弦 4 的振动转换为检测信号。

[0312] 实施例的组成部件和作业与权利要求语言关联如下。

[0313] 自动演奏器钢琴 PA、PB、PC、PD、PE、PF、PG 和 PH 选择性地充当“主乐器”和“从属乐器”。键 1Aa 和 1Ba 选择性地充当“多个操纵器”和“其它操纵器”,并且键传感器 6A/6B 和弦槌传感器 7A/7B 共同形成“转换器”。键位置信号 S1 和弦槌位置信号 S2 对应于“检测信号”,键 1Aa 和 1Ba 的轨线上的键位置是“物理量”。音乐数据、推测键运动数据或推测事件数据对应于“演奏数据”。

[0314] 音乐数据产生器 13 和后数据处理器 14;预键数据提供器 25A/25B;或者预事件数

据提供器 29A/29B 充当“信息处理系统”。通信系统 15A/15B 对应于“通信系统”和“另一通信系统”。因特网 N 提供主乐器和从属乐器之间的“通信信道”。电磁控制的键致动器 5 对应于“多个致动器”，驱动信号 S3 对应于“驱动信号”，在说明书中定义了术语“轨迹”和术语“轨线”。

[0315] 动作单元 2、弦槌 3、琴弦 4 和制音器 8 作为整体组成“机械音调生成系统”。电子音调生成系统 16A/16B 充当“电子音调生成系统”。控制系统 18Aa/18Ba 和用于音乐会话的子例程充当“控制系统”。

[0316] 中央处理单元 20 和用于音乐会话的子例程中的 S6/S12 处的作业充当“延迟消除器”，预键数据提供器 25A/25B、用于产生键运动数据的功能 26A/26B、以及用于基于推测键运动数据 rxB、rvB/rxA/rvA 再现键移动的功能 26C/26D 也充当“延迟消除器”。预事件数据提供器 29A/29B、基于推测键事件数据代码 evBB/evA 的控制系统 18Aa/18Ba 也充当“延迟消除器”。

[0317] 从通信系统 15 向电子音调生成器 16a 画的箭头（参见图 2）代表“用于将所述演奏数据传递到所述电子音调生成系统的选择器”。预数据处理器 10、用于产生基准前向无声轨迹和基准后向无声轨迹的运动控制器 11、以及伺服控制器 12 代表“模拟器”。中央处理单元 10 和步骤 S5/S11 处的作业也代表“模拟器”。

[0318] 中央处理单元 20 和步骤 S40 至 S45 处的作业代表“预估计器”，键运动数据的产生 26A 和 26B 也代表“预估计器”。从通信系统 15 向预数据处理器 10 画的箭头代表“选择器”，中央处理单元 20 和步骤 S49 至 S58 处的作业代表“控制器”。键移动的再现 26C 和 26D 也代表“控制器”。中央处理单元 20 和步骤 S35 至 S38 处的作业代表“实验器”，中央处理单元 20 和步骤 S68 至 S73 处的作业、中央处理单元 20 和步骤 S74A 至 S77 处的作业、或者中央处理单元 20 和步骤 S78A 至 S82 处的作业也代表“实验器”。

[0319] 中央处理单元 20 和步骤 S101 至 S105 处的作业代表“预估计器”，中央处理单元 20 和步骤 S107A 至 S111 处的作业代表“实验器”。

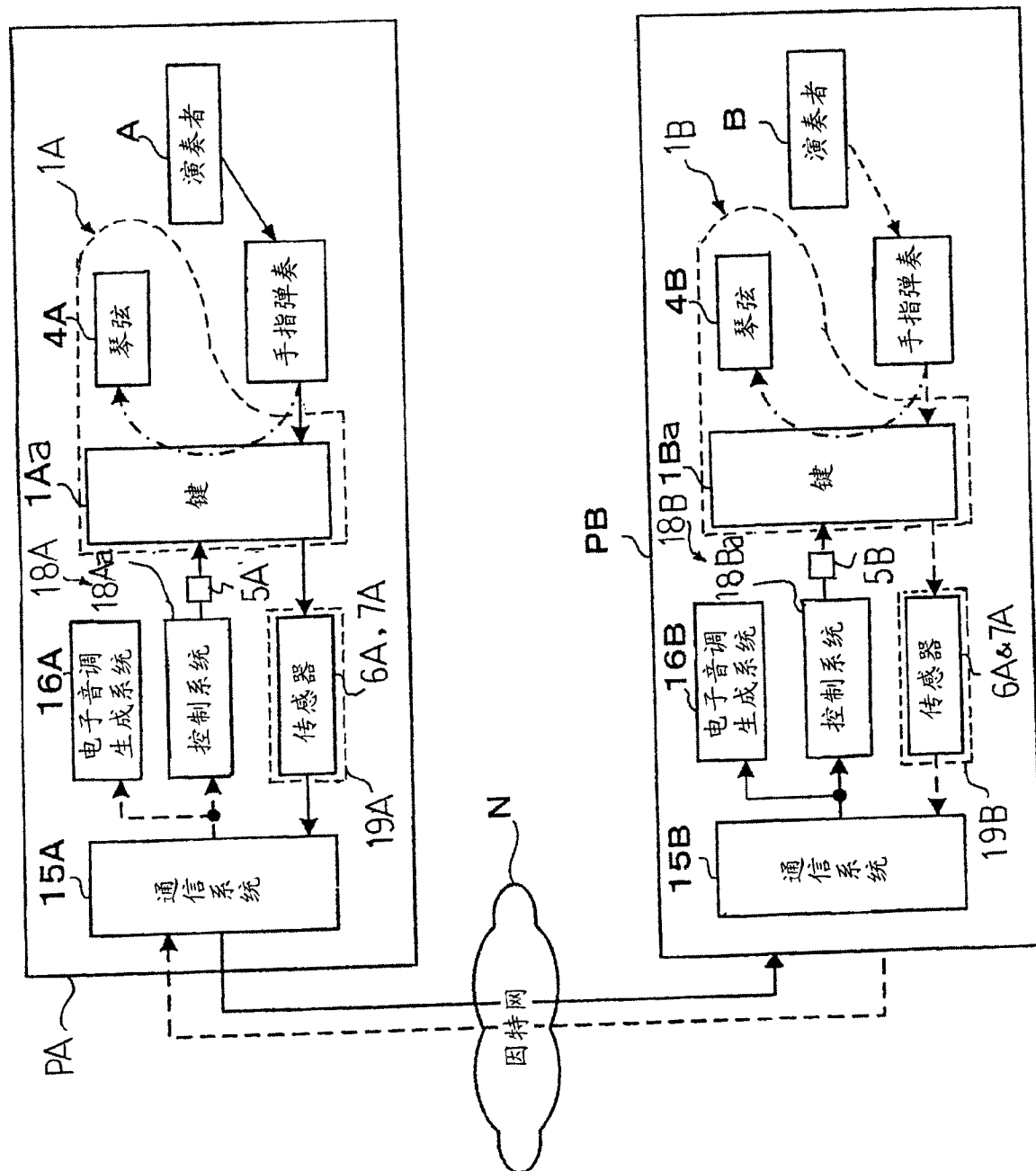
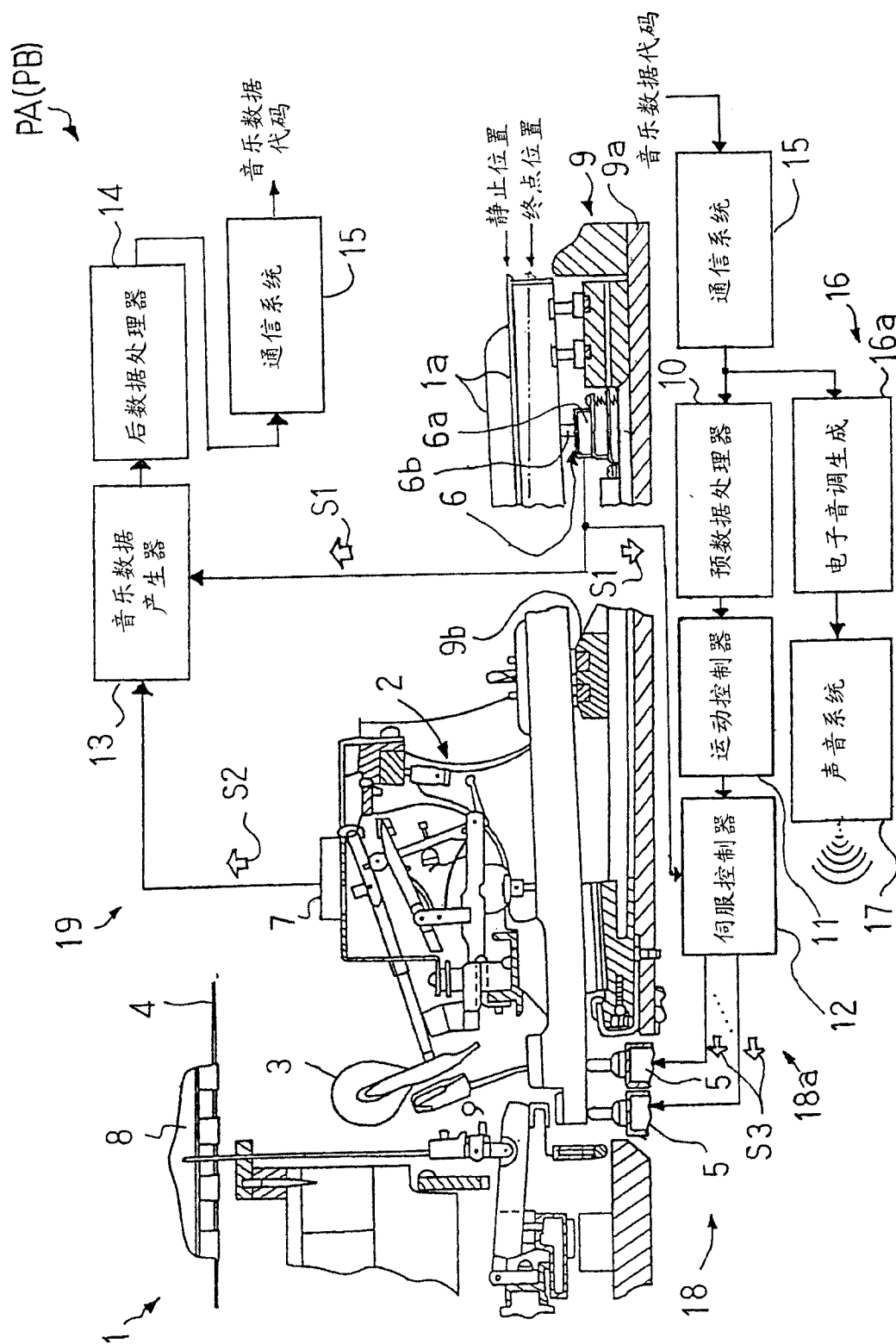


图 1



2
圖

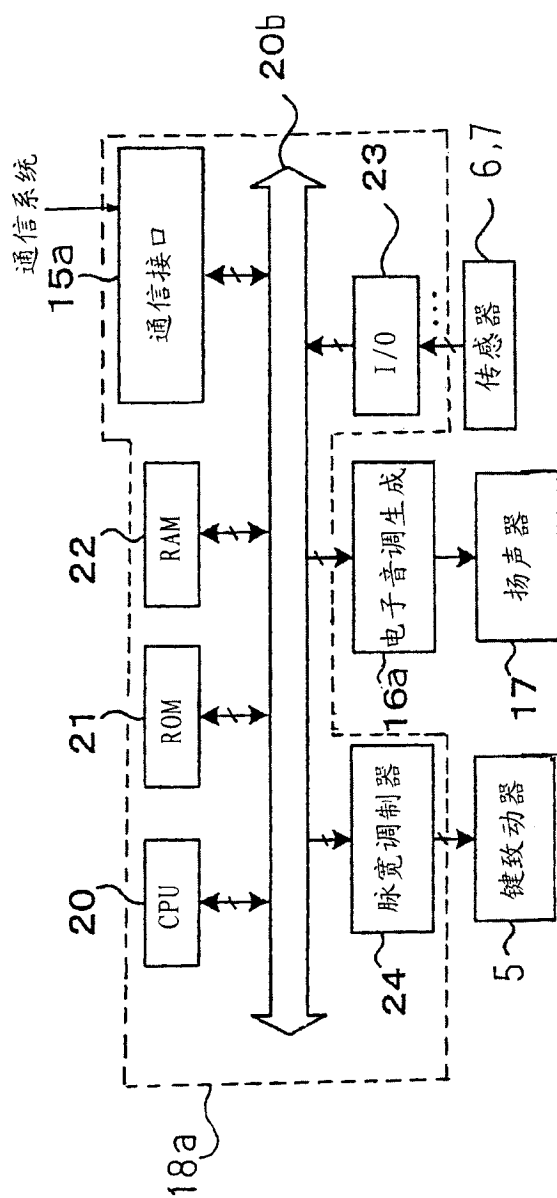


图 3

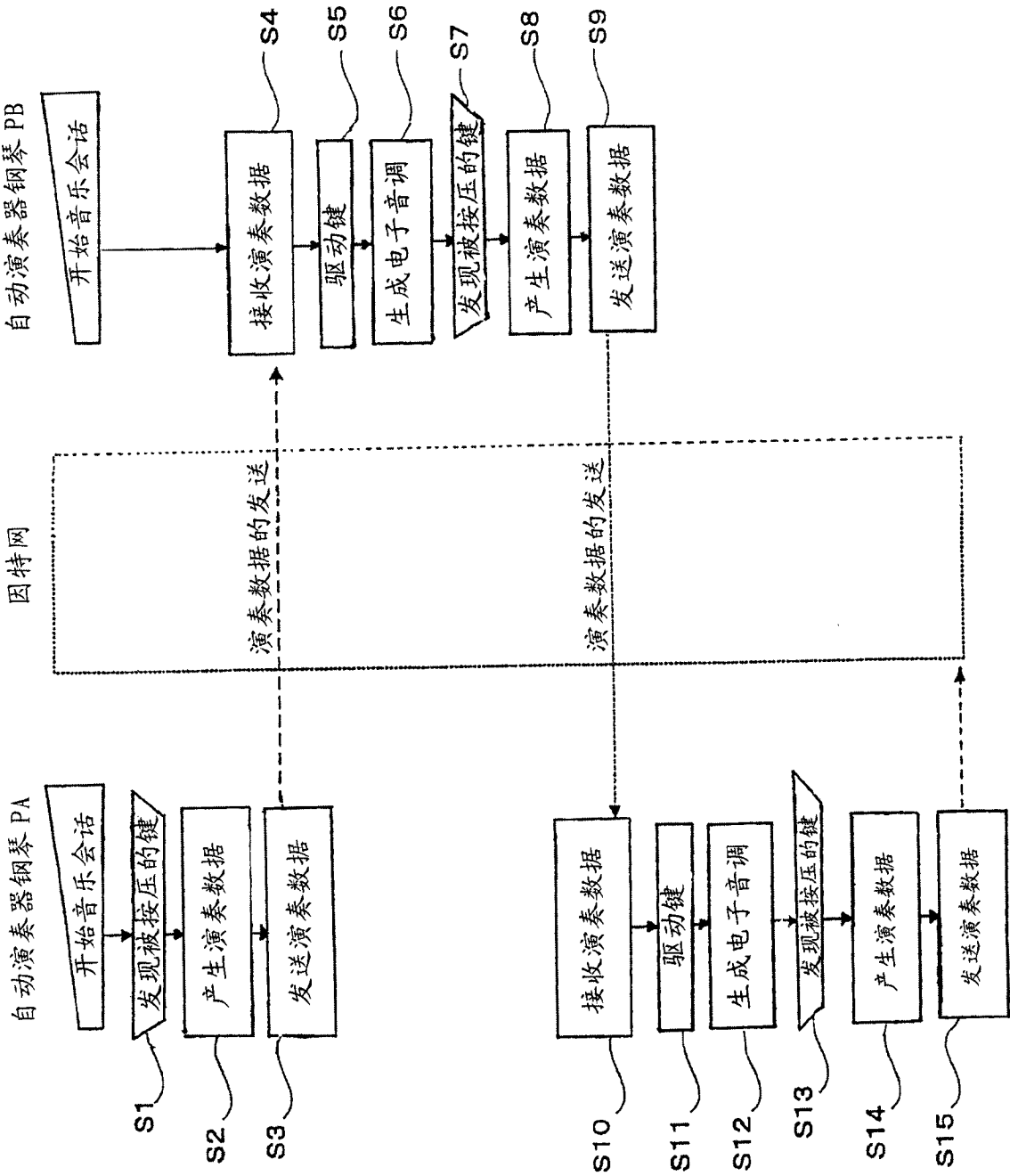


图 4

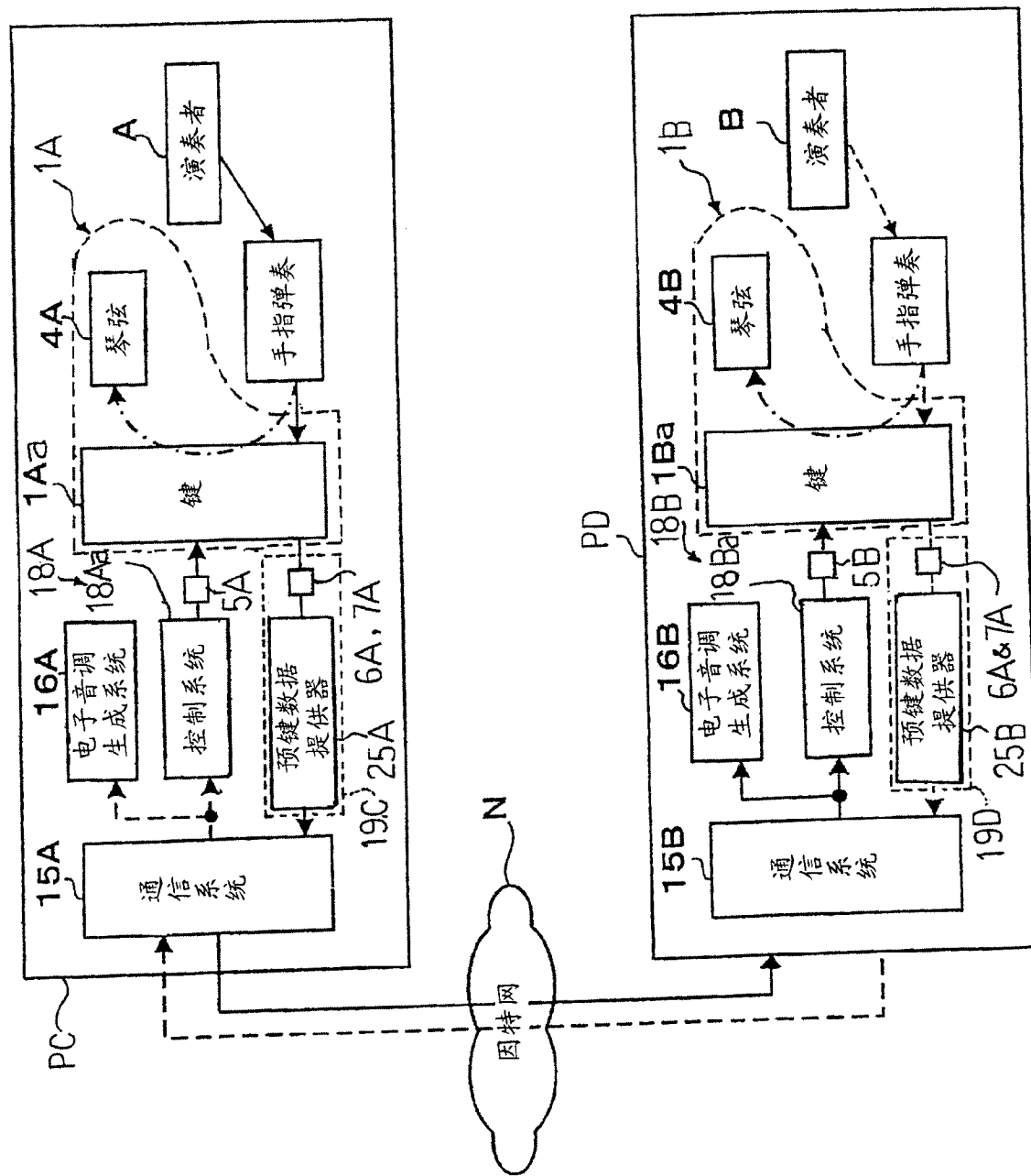


图 5

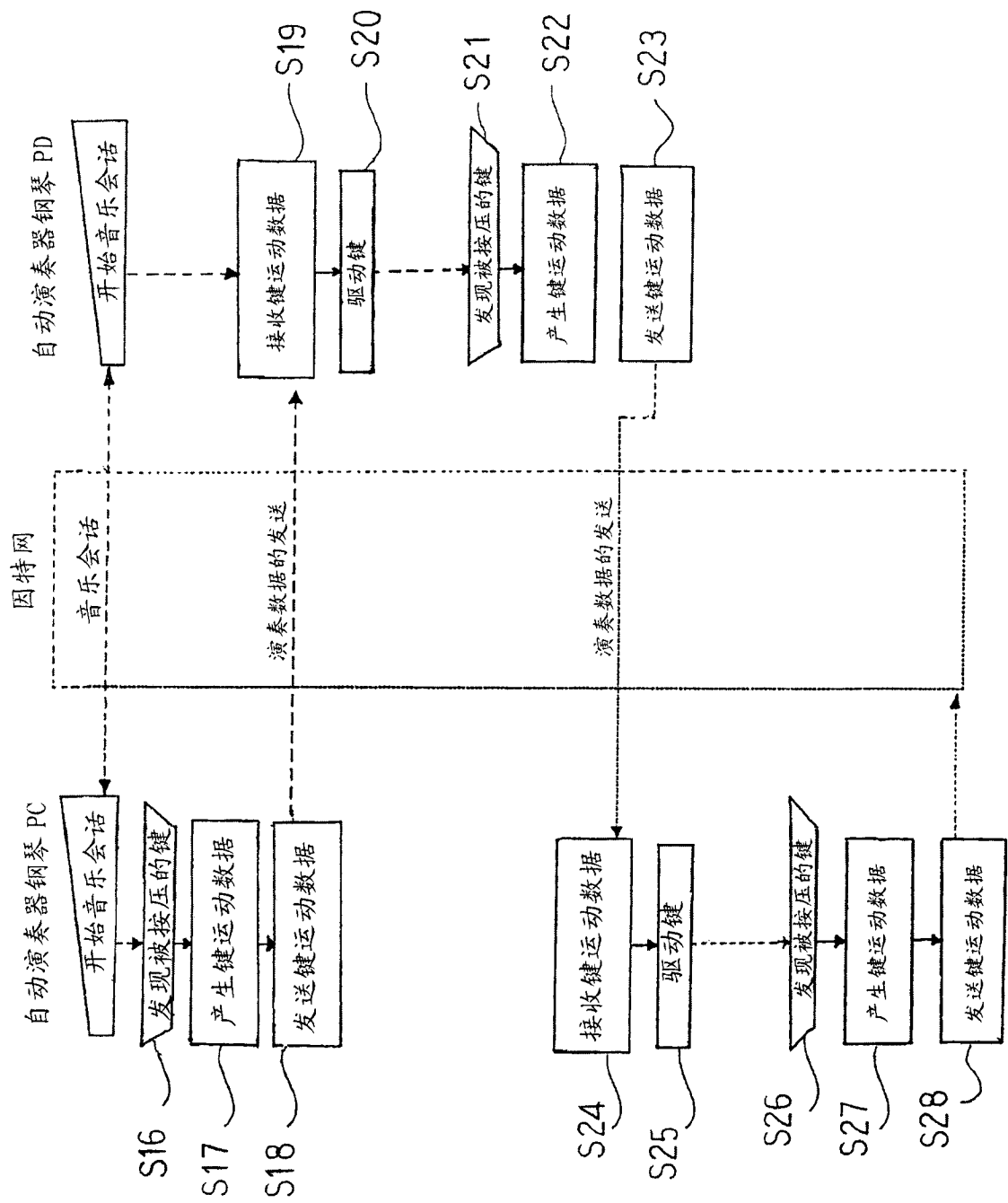


图 6

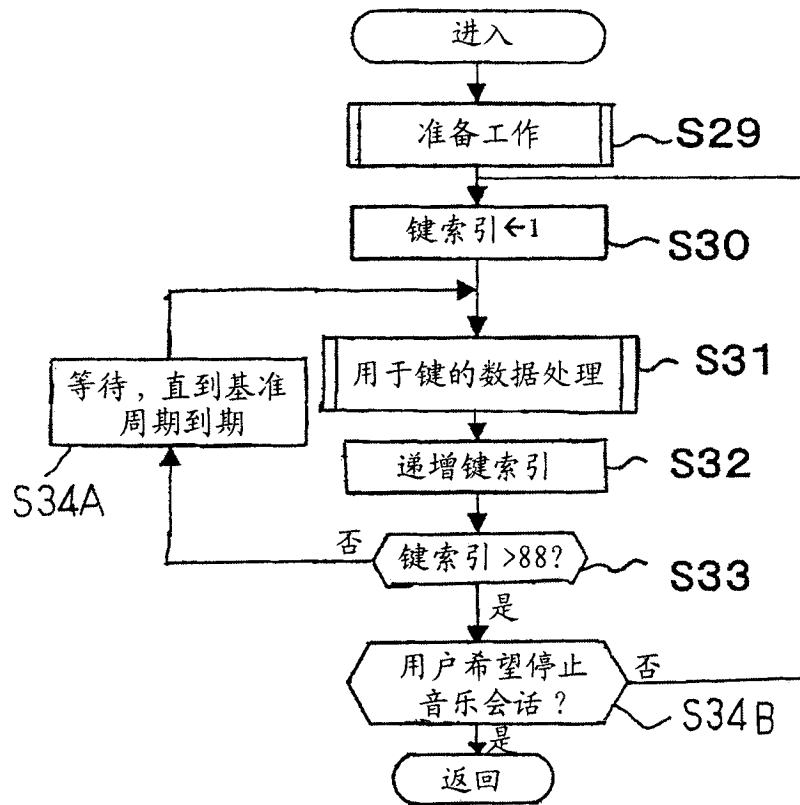


图 7

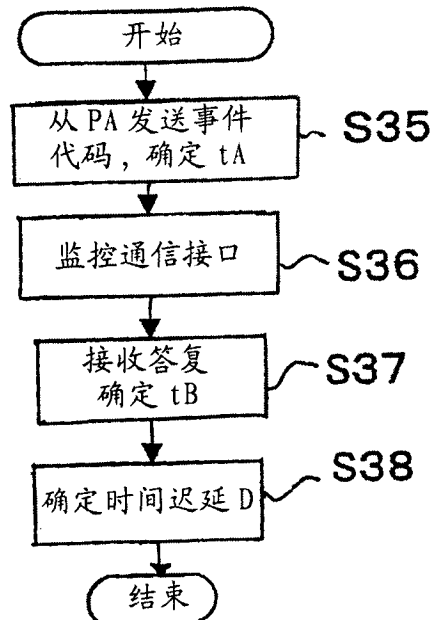


图 8

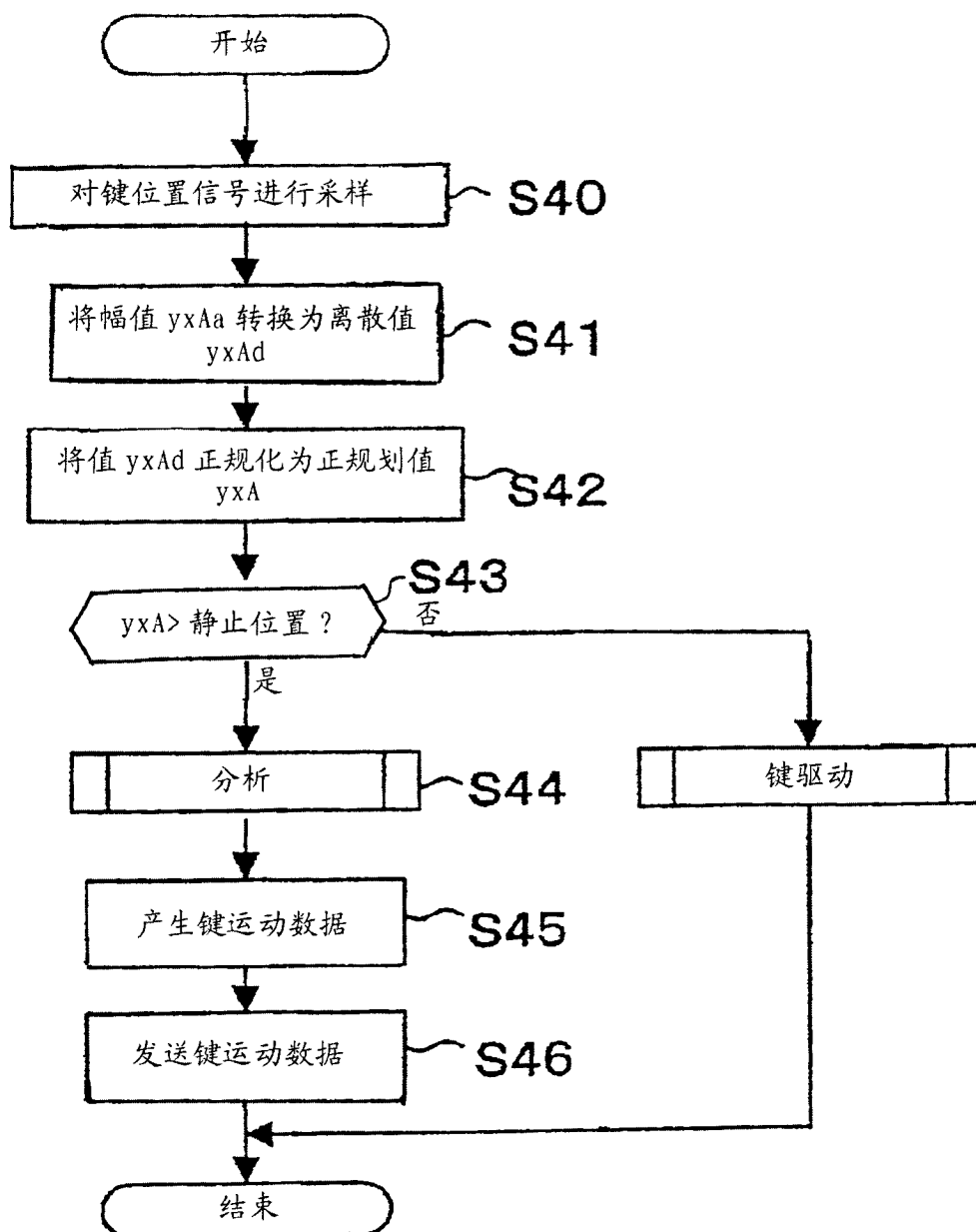


图 9A

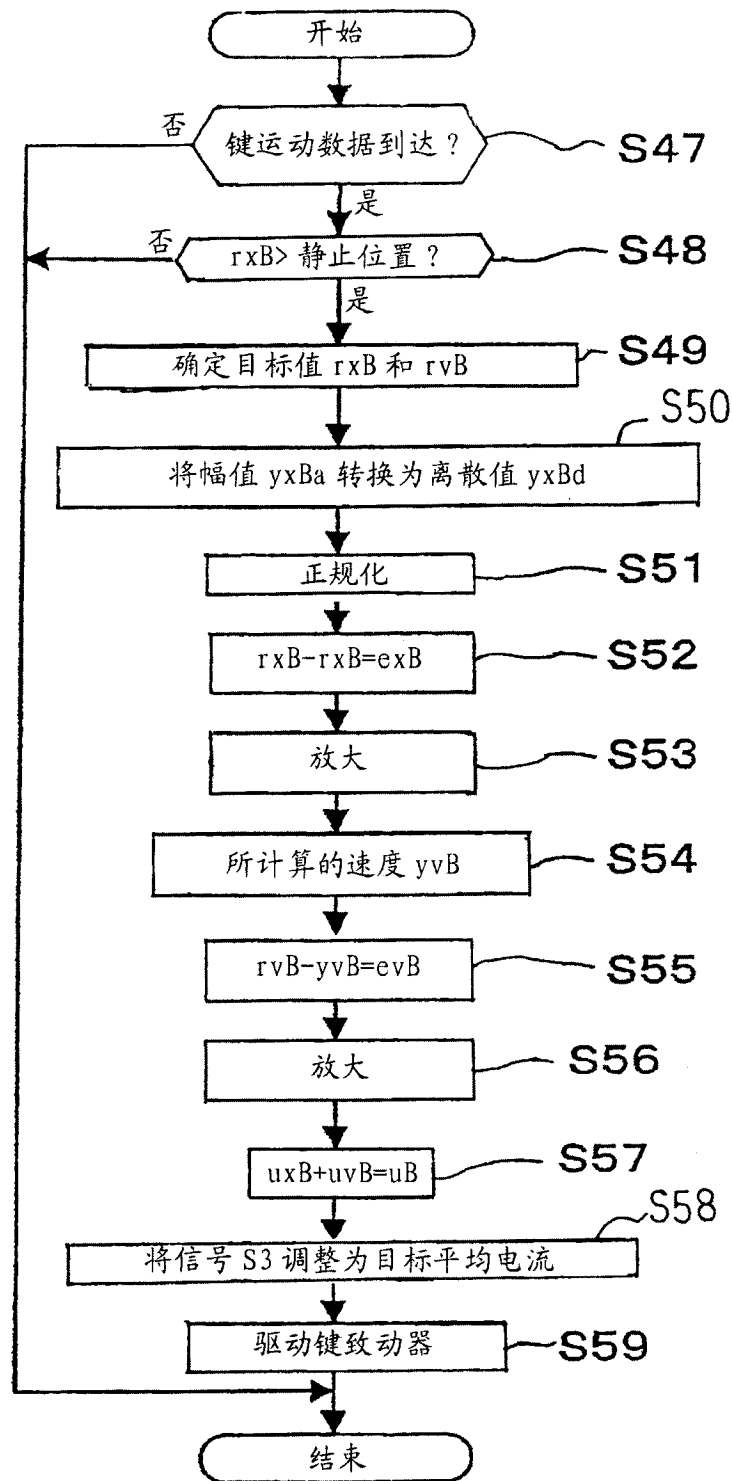


图 9B

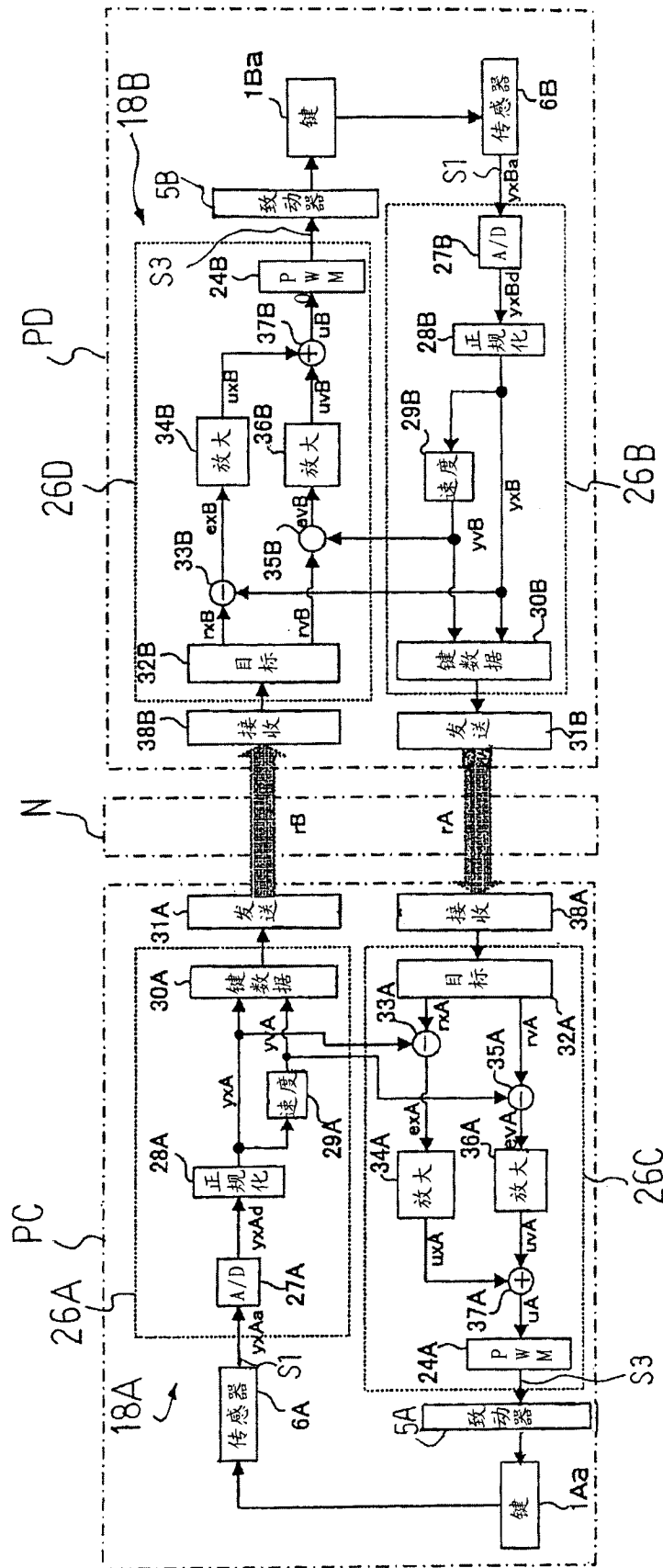


图 10

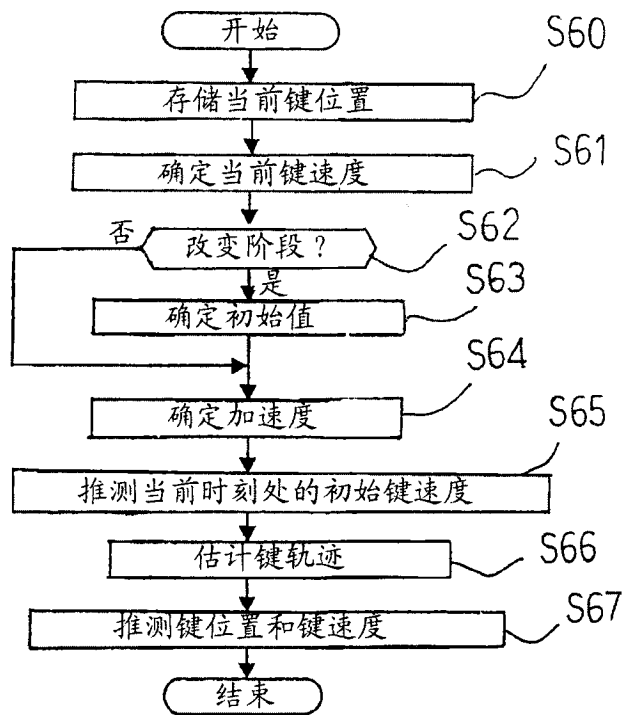


图 11

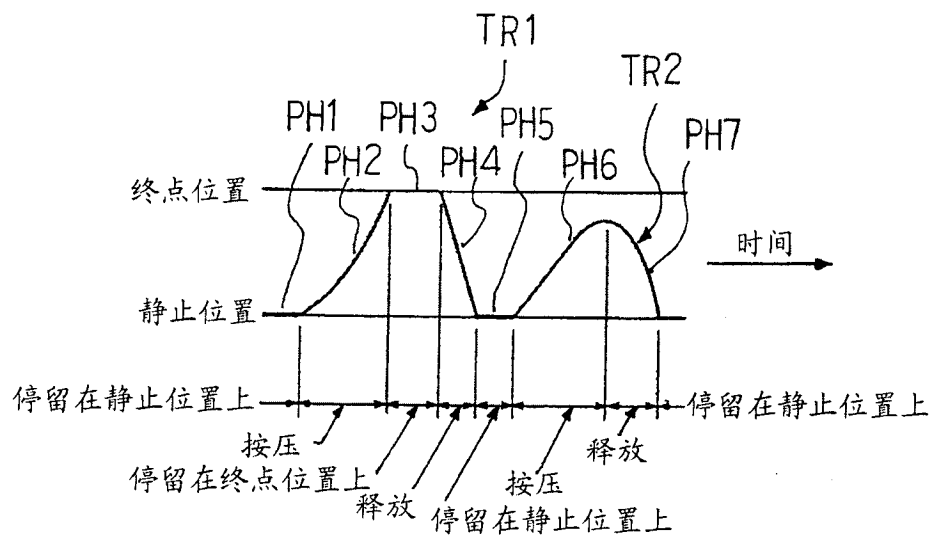


图 12

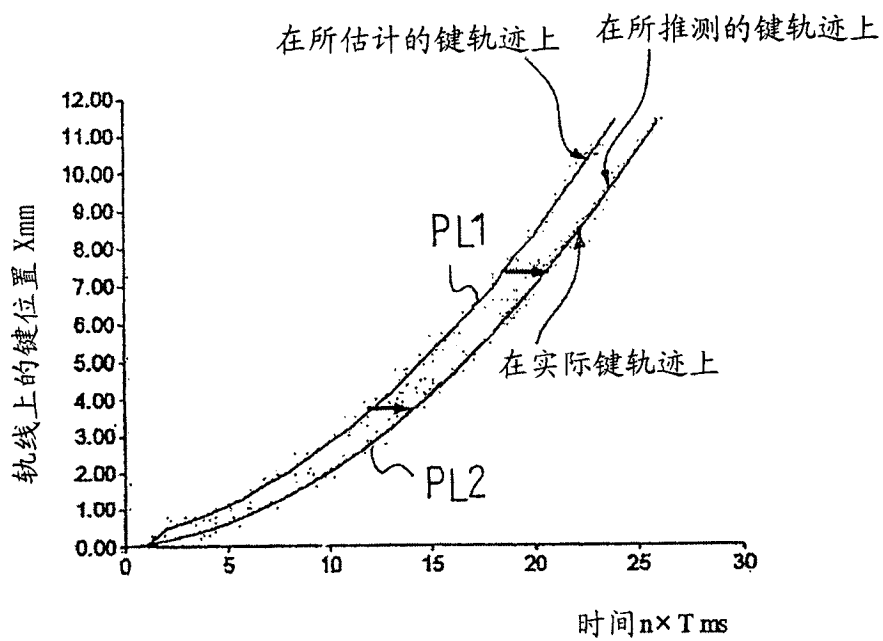


图 13

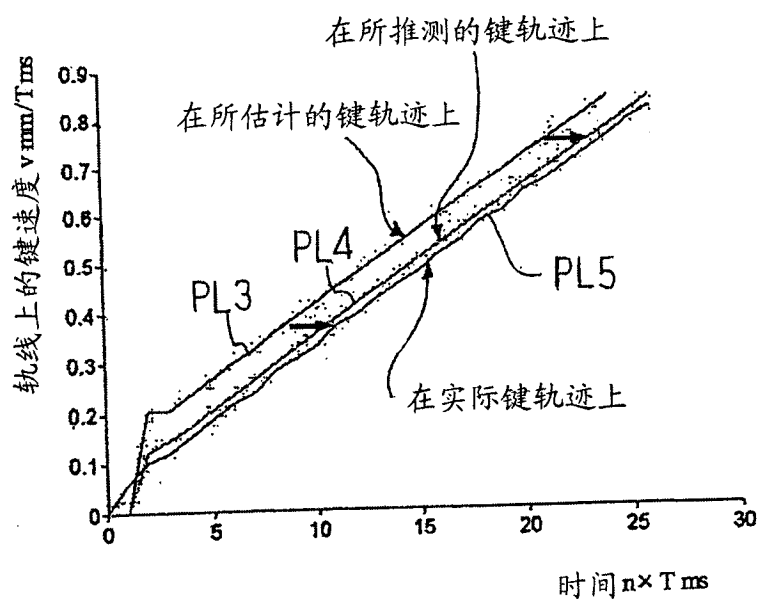


图 14

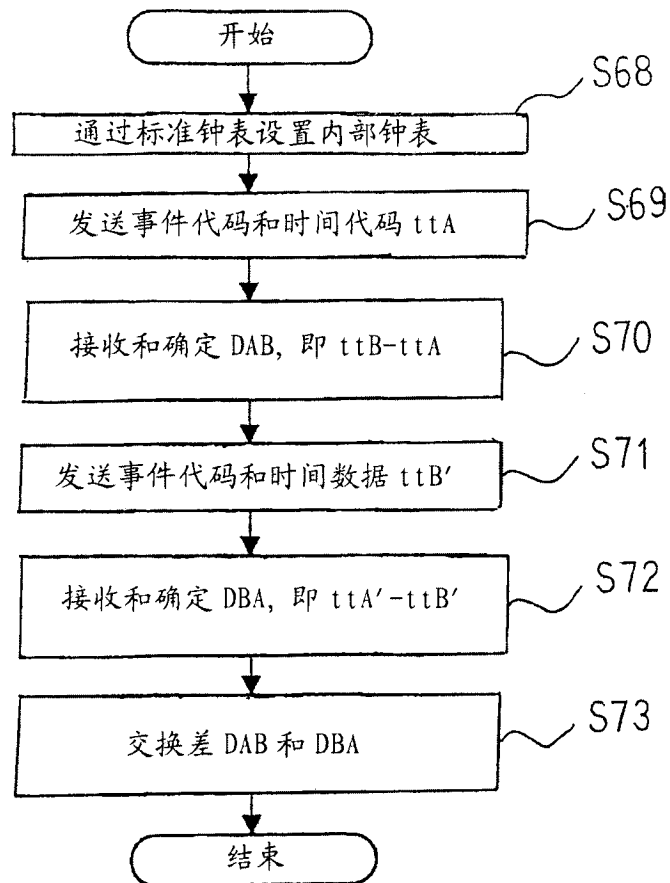


图 15

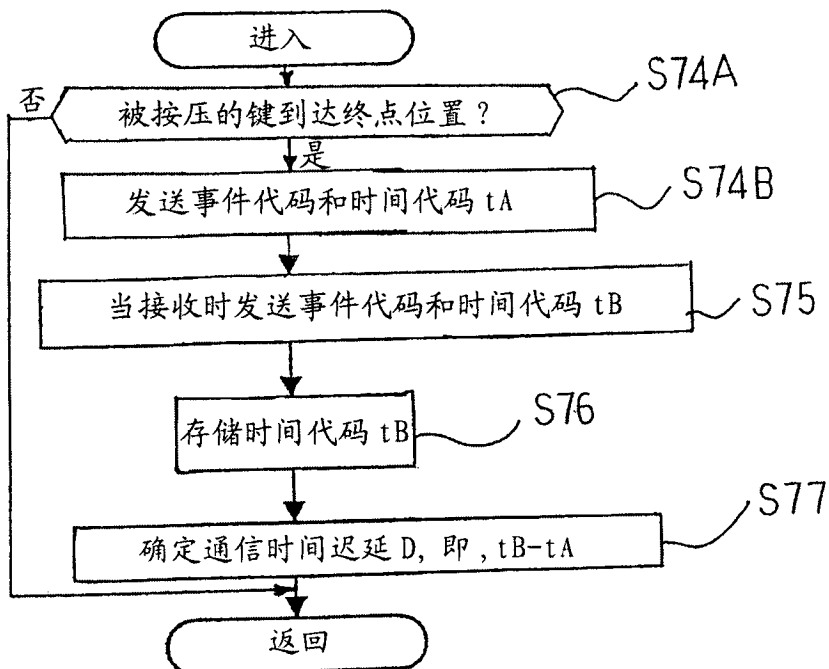


图 16

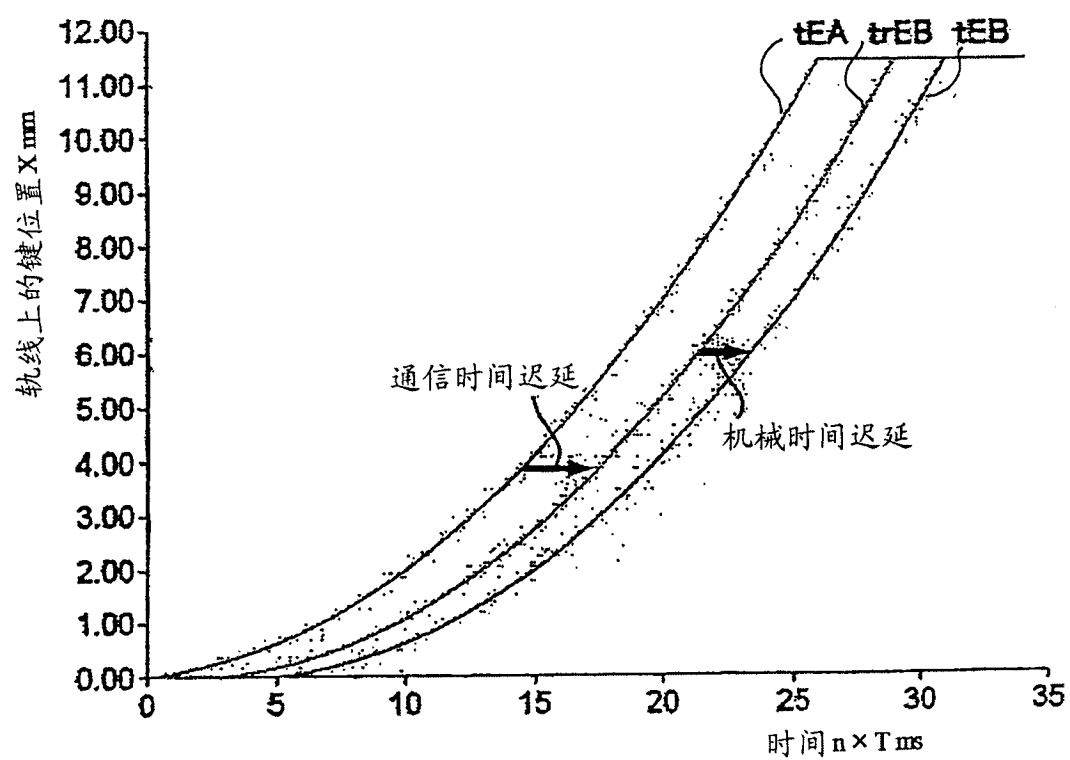


图 17

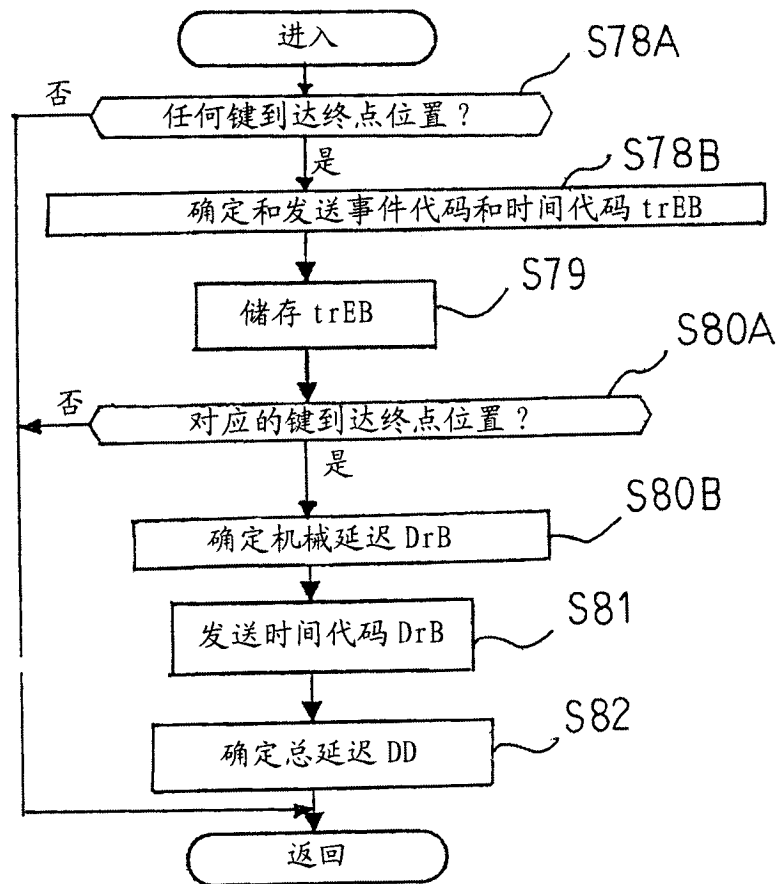


图 18

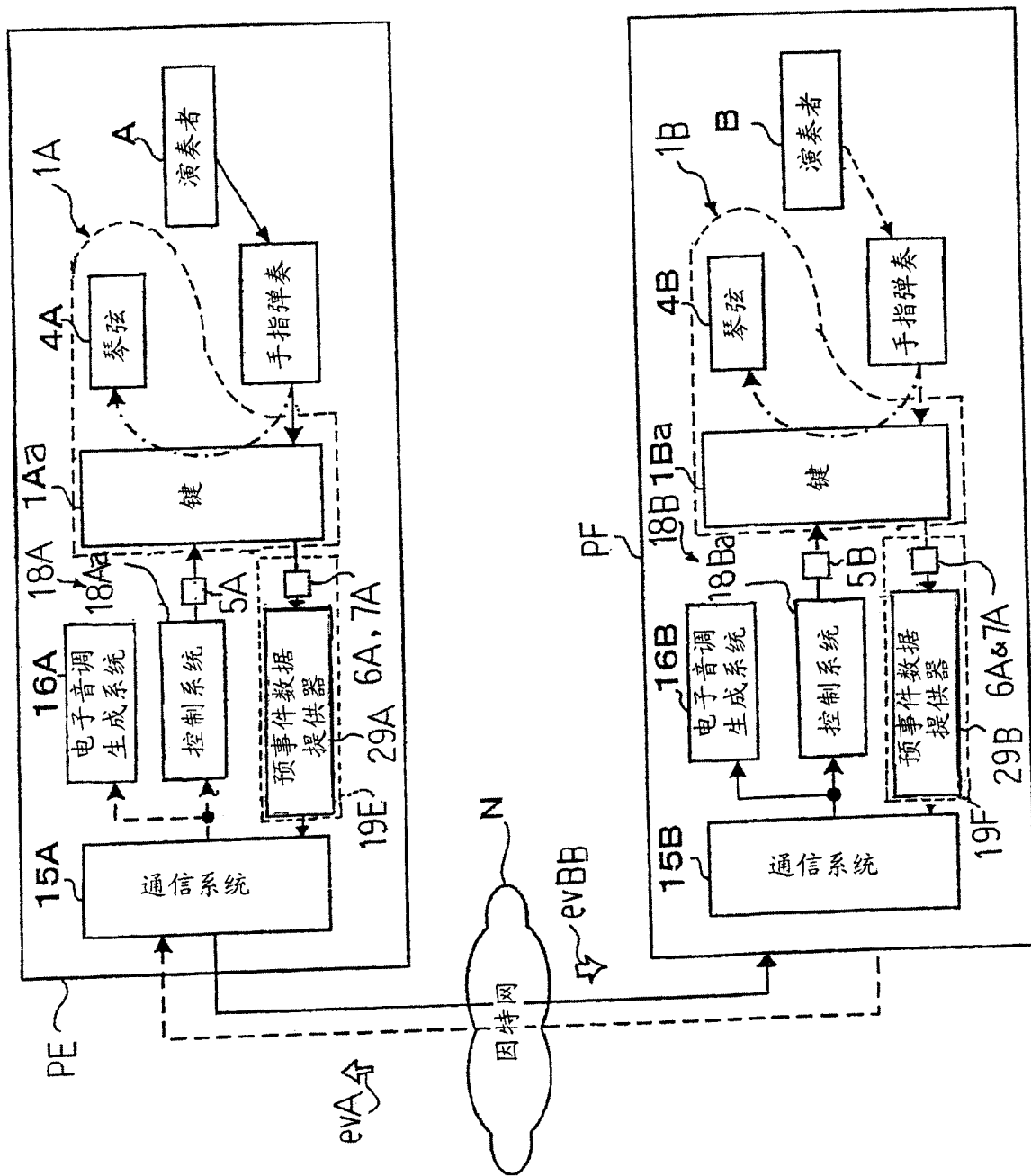


图 19

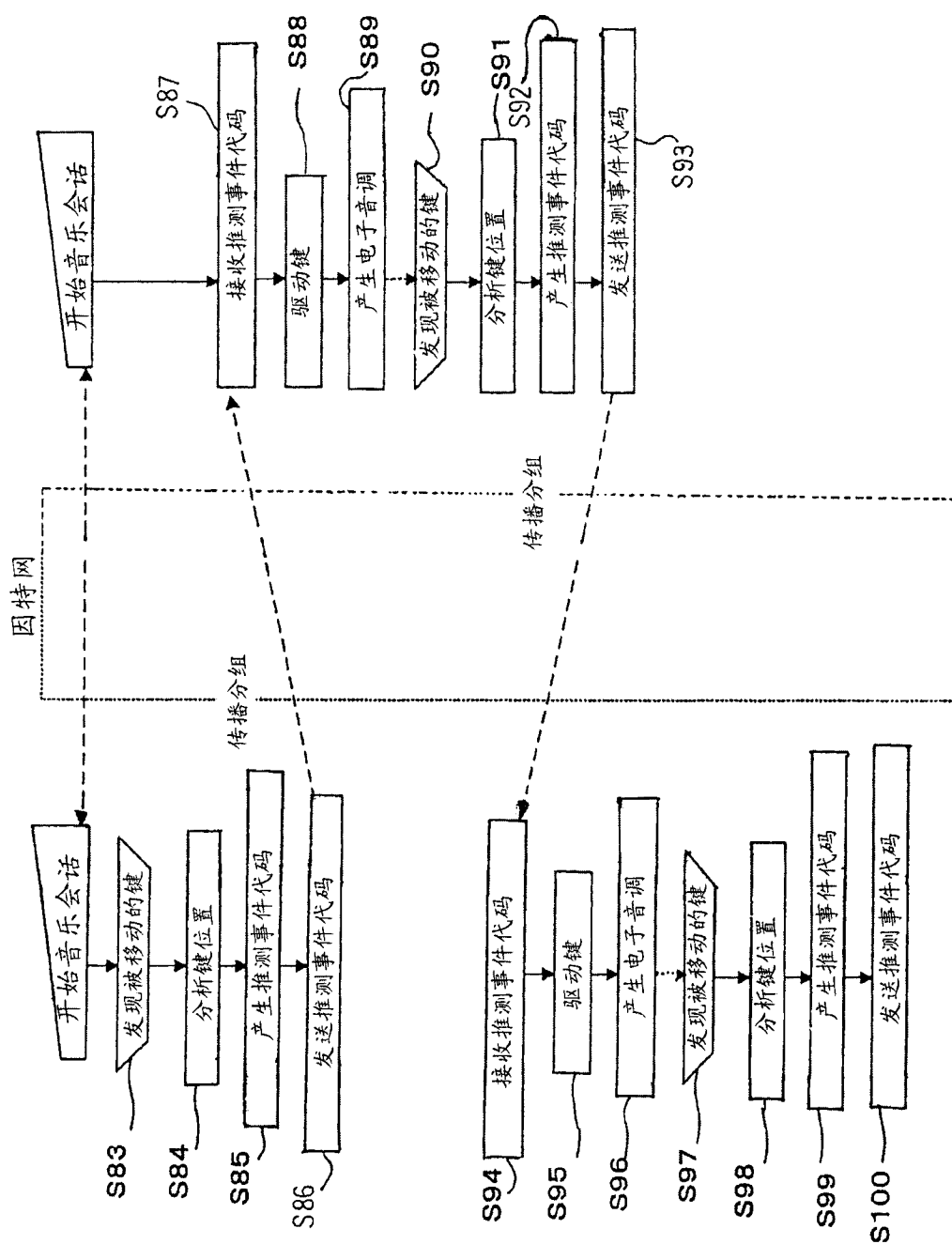


图 20

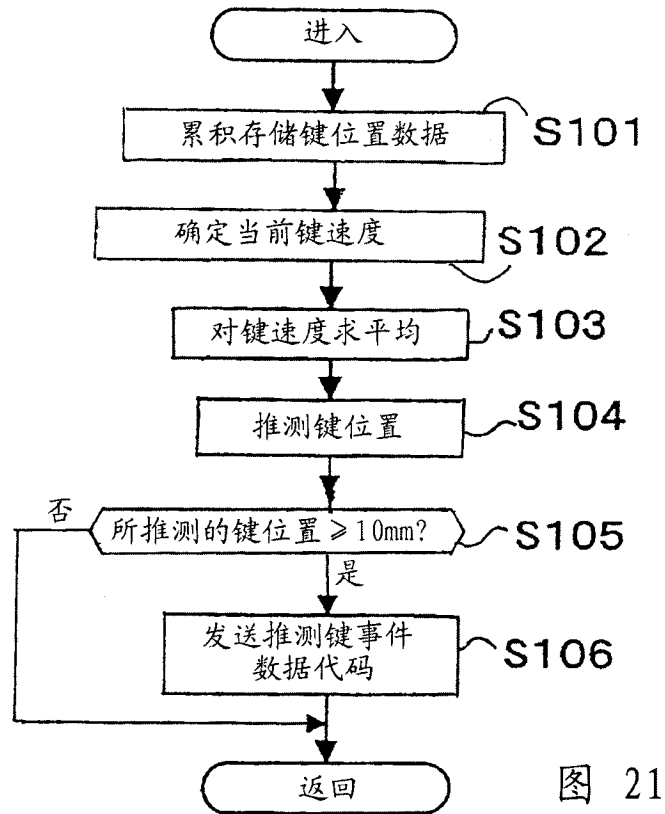


图 21

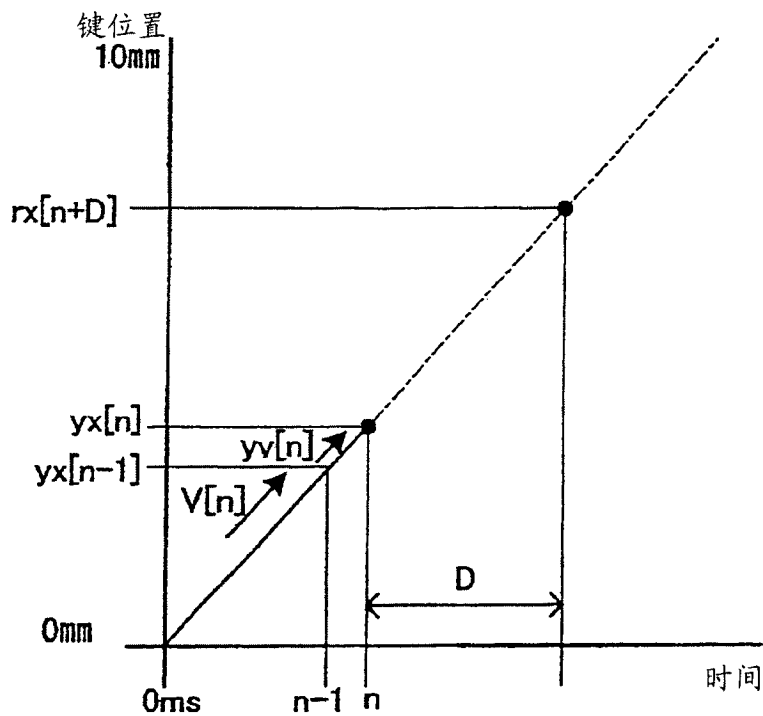


图 22

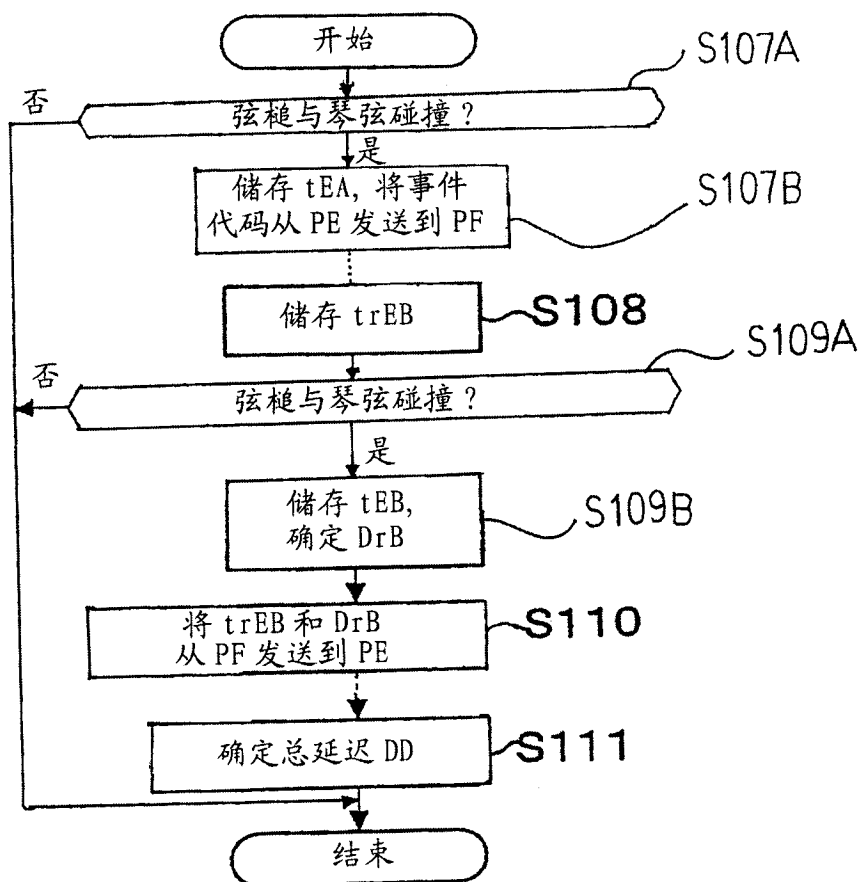
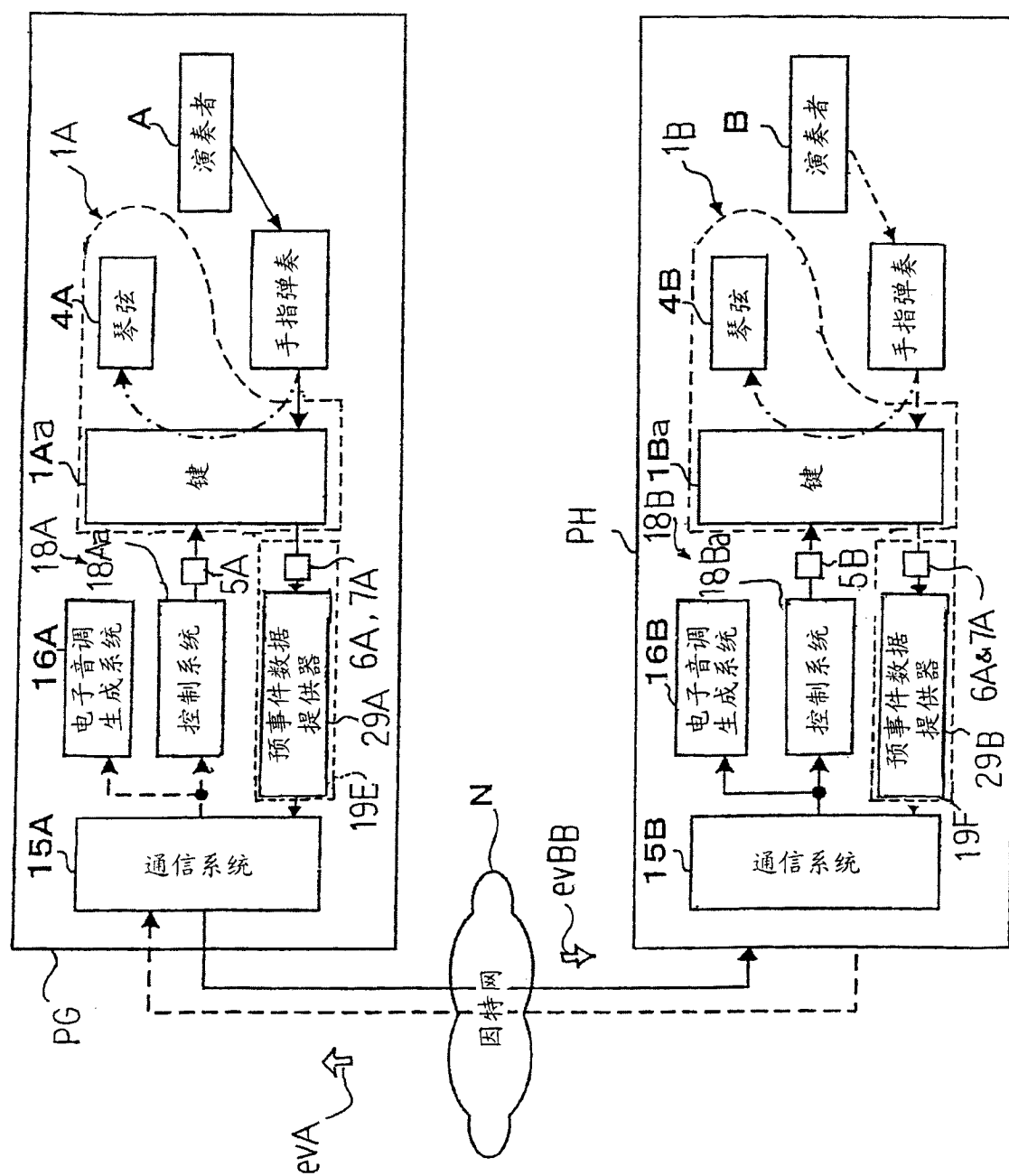


图 23



24

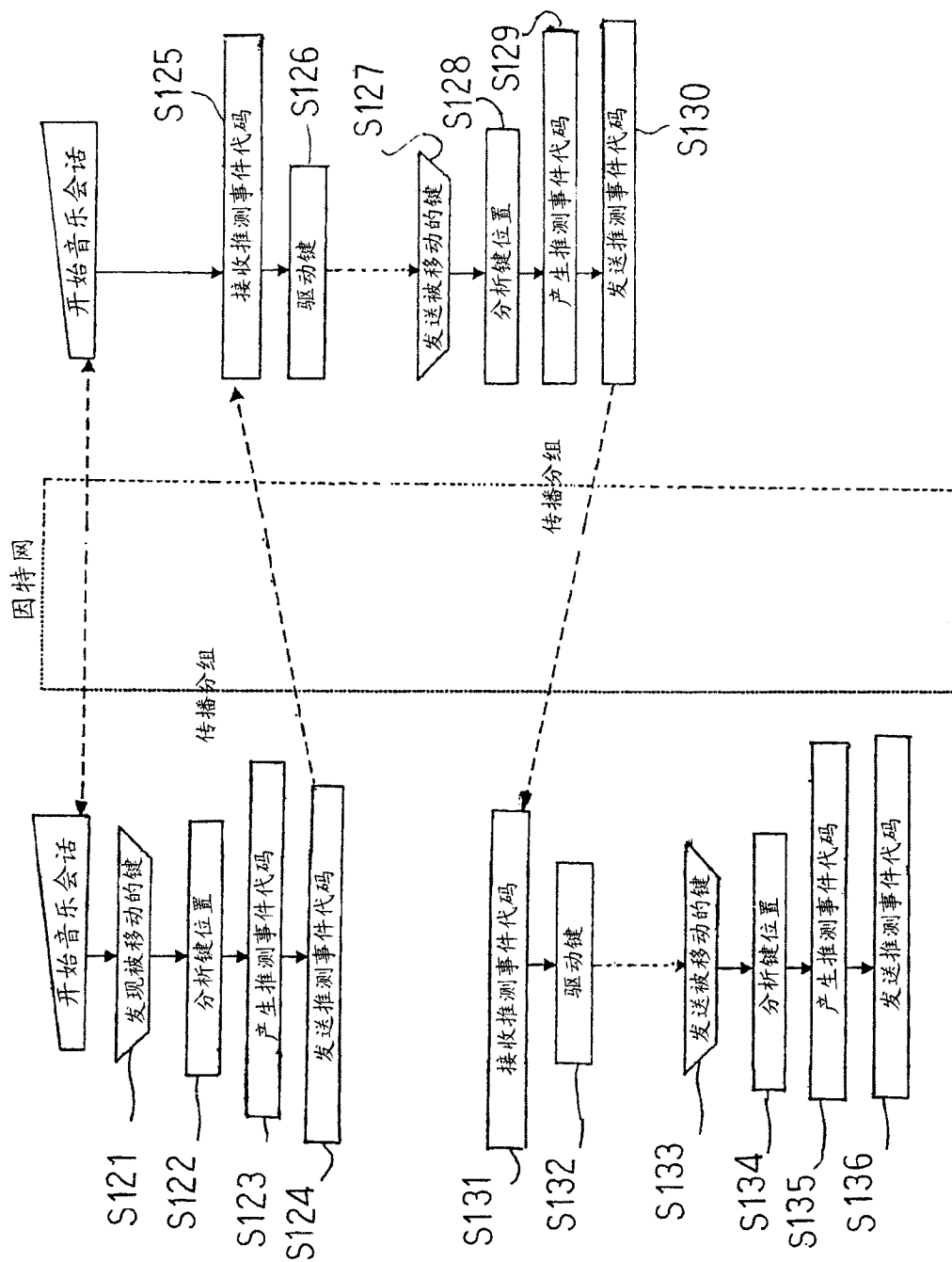


图 25