



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 103019163 B

(45) 授权公告日 2016. 04. 20

(21) 申请号 201210106343. 7

CN 201130311 Y, 2008. 10. 08,

(22) 申请日 2012. 04. 11

US 5887029 A, 1999. 03. 23,

(30) 优先权数据

US 2003/0201747 A1, 2003. 10. 30,

61/474, 027 2011. 04. 11 US

CN 101206482 A, 2008. 06. 25,

61/474, 042 2011. 04. 11 US

US 5391970 A, 1995. 02. 21,

61/474, 054 2011. 04. 11 US

EP 0903655 A2, 1999. 03. 24,

61/474, 073 2011. 04. 11 US

US 2002/0131454 A1, 2002. 09. 19,

(73) 专利权人 洛克威尔自动控制技术股份有限公司

审查员 席云红

地址 美国俄亥俄州

(72) 发明人 马克·A·查菲

(74) 专利代理机构 北京集佳知识产权代理有限公司 11227

代理人 朱胜 陈炜

(51) Int. Cl.

G05B 19/418(2006. 01)

(56) 对比文件

US 2007/0058929 A1, 2007. 03. 15,

US 2007/0058929 A1, 2007. 03. 15,

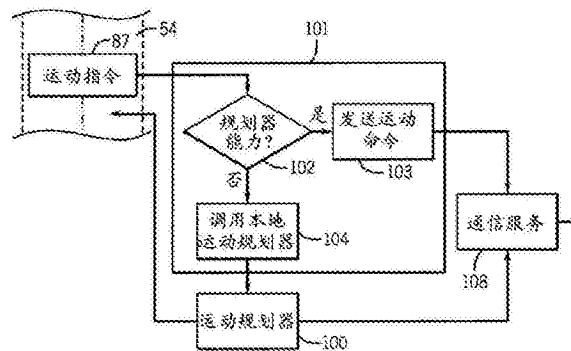
权利要求书1页 说明书11页 附图7页

(54) 发明名称

具有分布式运动规划的工业控制系统

(57) 摘要

本发明公开了一种具有分布式运动规划的工业控制系统,该工业控制系统提供了可基于存储的驱动器简档将运动规划任务分配给有能力的马达驱动器和运动装置的运动控制功能。轮廓得知(profile-aware)功能允许控制程序用于能够和不能够适当地利用规划任务的自动分配而执行运动规划的这两种马达驱动器。可通过驱动器与非控制器装置之间的对等通信适应应当分配运动规划时在工业控制系统中的不同装置之间的协调。



1. 一种工业控制器,包括:

网络接口,被适配成与一个或多个连接的马达驱动器通信;

电子计算机,与所述网络接口通信并执行存储在非暂态存储介质中的程序,以:

(1) 接收提供运动控制指令的控制程序;

(2) 通过调用功能来执行所述运动控制指令,所述功能执行用于向能够进行运动规划的马达驱动器分发运动规划任务,其中,所述功能独立于所述控制程序而存储在所述工业控制器中,使得能够由不同的控制程序调用所述功能,所述功能能够操作用于:

(a) 识别与所述运动控制指令相关联的马达驱动器;以及

(b) 确定所识别的马达驱动器是否能够执行运动规划器,所述运动规划器在由通过执行运动控制指令引起的运动命令启动时提供用于控制马达的时序运动数据,并且如果能够,则将所述运动命令经由至所识别的驱动器的网络接口传输至所识别的马达驱动器以及从所识别的马达驱动器接收运动结束事件,该运动结束事件指示所述运动命令的结束,否则,将所述运动命令传输至所述工业控制器中的运动规划器。

2. 根据权利要求1所述的工业控制器,其中,所述功能和运动规划器以固件存储在所述工业控制器中。

3. 根据权利要求2所述的工业控制器,其中,所述网络接口被适配成实现所述控制器与所述马达驱动器之间的连接消息接发,从而在连接之间预先分配网络通信容量,并且其中,所述电子计算机执行所存储的程序以打开所述控制器与所述驱动器之间的连接,从而传递运动命令或运动数据。

4. 根据权利要求3所述的工业控制器,其中,所述电子计算机执行所存储的程序以分配所述网络通信容量的第一部分,从而与能够执行运动规划器的马达驱动器通信,其中,所述网络通信容量的第一部分小于为了与不能执行所述运动规划器的马达驱动器通信而分配的所述网络通信容量的第二部分。

5. 根据权利要求4所述的工业控制器,其中,所述网络通信容量的第一部分提供周期性数据传递与事件驱动数据传递的组合,所述事件驱动数据传递是通过生成所述运动命令而触发的,并且所述网络通信容量的第二部分是根据预定义的运动数据间隔的周期性数据传递。

6. 根据权利要求5所述的工业控制器,其中,所述控制器包括驱动器简档,所述驱动器简档表示每个马达驱动器是否均包括固件的运动规划器并且由所述工业控制器来确定所识别的马达驱动器是否能够执行运动。

7. 根据权利要求6所述的工业控制器,其中,所述运动规划器对根据运动命令生成的运动轮廓进行总计,以提供作为多个运动轮廓的总和的、用于控制马达的时序运动数据。

8. 根据权利要求7所述的工业控制器,其中,所述运动控制指令包括用于在定义的位置之间移动马达的指令、用于以定义的速度移动马达的指令、以及用于使马达与另一马达协调地移动的指令。

9. 根据权利要求8所述的工业控制器,其中,所述控制程序是使用选自继电器梯形图逻辑、结构化文本和顺序功能图的编程语言生成的程序。

具有分布式运动规划的工业控制系统

[0001] 相关申请的交叉引用

[0002] 本申请要求均于 2011 年 4 月 11 日提交的以下美国临时申请的优先权：序号 61/474, 027；序号 61/474, 042；序号 61/474, 054；序号 61/474, 073。各个临时申请的全部内容均通过引用合并于此。

技术领域

[0003] 本发明涉及用于实时控制电动机的位置和 / 或速度的工业控制系统, 更具体地, 涉及允许从中央控制器向驱动器分配对这样的驱动器的运动规划的工业控制器。

背景技术

[0004] 工业控制器是用于例如在工厂环境下控制工业过程或机器的专用计算机系统。通常, 工业控制器执行从与受控过程和机器相关联并感测过程或机器的条件的各种传感器读取输入的、存储的控制程序, 并且基于那些输入和存储的控制程序, 计算用于控制对过程或机器进行控制的致动器的一组输出。

[0005] 工业控制器与传统计算机在很多方面不同。物理上, 与传统计算机相比, 这些工业控制器被构造成对冲击和损坏具有更充分的鲁棒性并且更好地抵抗外部污染物和极端环境条件。处理器和操作系统被优化用于实时控制, 并且用被设计为允许快速开发控制程序的语言来对处理器和操作系统编程, 其中, 控制程序被定制为适于不断变化的机器控制或过程控制应用的集合。

[0006] 通常, 控制器例如具有高度模块化的架构, 该架构允许不同数量和类型的输入模块和输出模块用于将控制器连接至要控制的过程或机器。通过使用适合于可靠性和可用性高的实时通信的特定“控制网络”而便于进行这种模块化。这样的控制网络 (例如, 控制网、以太网 / IP) 与标准通信网络 (例如, 以太网) 不同之处在于, 通过预先安排网络的通信容量来保证最大通信延迟, 以及 / 或者为了高可用性提供冗余通信能力。

[0007] 作为其增强的模块化的一部分, 工业控制器可采用专用于特定类型电信号和功能 (例如, 检测输入的 AC 或 DC 信号或者控制输出的 AC 或 DC 信号) 的 I/O 模块。这些 I/O 模块中的每一个均可具有允许它们连同所选择的其他 I/O 模块一起以不同组合安装在壳体或机架中的连接器系统, 以与特定应用的要求匹配。多个或单个 I/O 模块可位于受控过程或机器附近的便利的控制点处, 以经由特定控制网络与中央工业控制器通信。

[0008] 一种类型的 I/O 模块是可与正执行运动指令的工业控制器通信的马达驱动器, 并且可将电信号提供给电动机, 该电动机根据运动指令调整马达的位置或速度。示例性运动指令当由控制器执行时, 可在速度和加速度的预定义约束内启动马达在第一位置与第二位置之间的移动。运动指令命令可由工业控制器中的运动规划器接收, 该运动规划器基于运动指令数据而生成以时刻为单位精确地描述马达的运动的运动轮廓 (motion profile), 以控制速度和加速度变化, 例如, 以限制“加加速度 (jerk)”、加速度的一阶导数, 其中加速度的一阶导数可对马达和附接部件产生不期望的磨损。

[0009] 由于生成并传送多个高速马达的运动轮廓所需的数据传递速率高,因此,工业控制环境下的运动控制对控制器和通信网络的要求极其苛刻。通过从控制器向驱动器发送粗略版本的运动轮廓数据而在一定程度上缓解了该问题,该粗略版本具有相对慢的粗略更新速率与减少的带宽要求。接着,该驱动器可内插提供平滑的精确运动的、更高分辨率版本的运动轮廓。即使利用该方法,粗略更新速率对于这些驱动器必须高到足以符合性能要求,因此,当处理大量远程驱动器时会用完控制器的数据处理容量和控制网络带宽。

[0010] 对该问题的一种解决方案是将运动规划任务分配给驱动器本身。这可以通过将特定指令插入到控制程序中来完成,其中,这些特定指令当被执行时使得工业控制器传输在驱动器中激活运动规划所需的命令。

发明内容

[0011] 本发明允许以对于编写控制程序的程序员而言大部分不可见的方式在硬件装置之间分配运动规划,从而使得单个控制程序为多次硬件安装服务。本发明通过修改工业控制器中的运动控制功能来提供该特征,以使得其确定特定马达驱动器是否可以实现运动规划,并且如果是,则直接与马达驱动器中的运动规划器传递运动命令,而如果不是,则与工业控制器内的运动规划器传递运动命令。通过修改工业控制器中的现有运动功能,控制程序中不需要特定运动控制指令。

[0012] 本发明的一些实施例还允许实现运动规划器的驱动器与用来有助于分布式运动控制的其他部件之间的对等通信。这些实施例可进一步提供针对时间临界运动信息允许快速响应时间与低网络负担的事件驱动通信。

[0013] 具体地,本发明可提供一种工业控制器,该工业控制器具有网络接口和电子计算机,其中该网络接口被适配成与一个或多个连接的马达驱动器通信,该电子计算机与网络接口通信并执行存储的程序(例如,固件),以接收提供运动控制指令的控制程序。可通过识别与运动指令相关联的马达驱动器并确定所识别的马达驱动器是否能够执行运动规划器来执行运动控制指令,该运动规划器提供用于利用运动控制指令根据运动命令来控制马达的时序运动数据。如果存在该能力,则工业控制器将运动命令经由至所识别的驱动器的网络接口传输到所识别的马达驱动器,否则,工业控制器将运动命令传输到工业控制器中的运动规划器。

[0014] 因而,本发明的至少一个实施例的特征是允许个人利用运动指令创建控制程序而不考虑在驱动器之间分配运动规划功能。本发明的至少一个实施例的另一特征是允许单个控制程序与不同类型的马达驱动器一起统一工作。

[0015] 控制程序指令可通过对不依赖控制程序的、存储在工业控制器中的功能的调用来执行,例如,如同固件一样。

[0016] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于提供运动规划的分配作为工业控制器硬件的功能,而无需对控制程序本身的特定编译或其他预先修改。

[0017] 网络接口可被适配成实现控制器与马达驱动器之间的连接消息接发,从而在连接之间预先分配网络通信容量。电子计算机执行存储的程序以打开控制器与驱动器之间的连接,从而传递运动命令或运动数据。

[0018] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于不仅减小在进行一个或多个相关联的

驱动器的运动规划器计算时对控制器的负担,而且减小网络通信量,因此,减少对在工业控制器与这些驱动器之间大量分配控制器数据处理容量和通信容量的需要。

[0019] 对于通信容量,电子计算机可分配网络通信容量的第一部分以与能够执行运动规划器的马达驱动器通信,其中,网络通信容量的第一部分小于为了与不能执行运动规划器的马达驱动器通信而分配的网络通信容量的第二部分。

[0020] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于,即使在具有混合的遗留装置(legacy)和有运动规划能力的驱动器的环境下,也考虑到减小对网络的负担根据驱动器能力来定制网络容量。

[0021] 网络通信容量的第一部分可提供周期性数据传递与事件驱动数据传递的组合,事件驱动数据传递是通过生成运动命令而触发的,并且网络通信容量的第二部分可以是根据预定义的运动数据间隔的周期性数据传递。

[0022] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于,即使当分配相对小的网络容量时,也能提供对马达相关命令的快速响应。非周期性传输的使用允许对运动命令的快速响应,从而消除不必要的周期性通信。

[0023] 工业控制器可包括表示每个马达驱动器是否均包括固件的运动规划器的驱动器简档。驱动器简档可由工业控制器用来确定所识别的马达驱动器是否能够执行运动。

[0024] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于提供一种使用普通数据结构(诸如,工业控制内的驱动器简档)来自动确定马达驱动器的能力的简单方法。

[0025] 类似地,应理解,本发明可提供一种马达驱动器,其可与上述工业控制器一起工作,其中,马达驱动器包括用于合成至马达的电源电压的开关电路、用于与工业控制器通信的网络接口、以及与开关电路和网络接口通信并执行存储的程序(例如,固件)的电子计算机。存储的程序可使得马达驱动器经由网络接口接收来自工业控制器的运动命令,并且响应于该运动命令,使用运动规划器生成用于开关电路的时序运动数据,其中该运动命令表示工业控制器对运动指令的执行。当运动轮廓结束时,马达驱动器可与工业控制器进行通信以表示运动轮廓的结束。

[0026] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于允许分布式运动规划,同时利用取决于运动指令的结束的、保留在工业控制器中的指令来提供密切协调。

[0027] 运动规划器可以以固件存储在马达驱动器中。

[0028] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于消除对控制程序中的特定运动指令的需要,以配置马达驱动器或者实现分布式运动规划。

[0029] 电子计算机还可执行存储的程序以实现从非控制器装置到一个或多个非控制器装置的连接消息接发,从而产生至消耗装置的时序运动数据。

[0030] 因此,本发明的至少一个实施例的特征在于,在例如为了同步目的将运动数据转发至工业控制器并返回至需要该运动数据的其他装置时,提供分布式运动规划而不会招致额外开销。通过允许马达驱动器与其他非控制器装置之间的对等通信,可减小额外网络通信量和数据传递延迟。

[0031] 电子计算机还可执行存储的程序以加载并执行来自控制程序的指令,这些指令不是运动指令而是与运动指令相互依赖。因此,本发明的至少一个实施例的特征在于,当运动规划被分配给驱动器时,减少标准控制指令与相关联的运动控制指令之间的时间临界协调

信号。

[0032] 通常,应理解,本发明通过向马达驱动器本身分配运动规划部件(根据运动指令命令生成运动轮廓)来充分地减少远程运动控制所需的控制器数据处理努力和网络带宽,同时在没有改进整体系统性能的情况下保持控制器数据处理努力和网络带宽。以此方式,不需要经由网络传输运动数据,而是仅传输启动运动规划器的高级运动命令。可通过以下方式解决对大量远程驱动器的运动控制与控制程序的其他方面的高速协调的问题(通常,当在控制器内处理这两者时是简单问题):(1)通过允许驱动器从其他部件直接接收数据而无需控制器作为媒介的对等通信系统,以及(2)利用针对标准运动事件在驱动器与控制器之间传递的特定高速事件消息,以及(3)通过由驱动器创建传递运动结束的、新颖的运动结束指令事件。

[0033] 这些特殊目的和优点可仅适用于落入权利要求范围内的一些实施例,并且因此,没有限定本发明的范围。

附图说明

[0034] 图1是具有控制器的工业控制系统的简化透视图,该控制器通过通信网络与多个远程马达驱动器通信,该图还示出了连接的配置计算机终端;

[0035] 图2是图1的工业控制系统的部件的框图,其示出了以分布式方式执行所存储的程序的各部件的多个交互处理器;

[0036] 图3是包括配置计算机终端在配置图1的工业控制系统时所使用的数据结构和配置程序的程序的存储器图;

[0037] 图4是示出根据本发明对这种功能的内部实现的修改的、控制程序中的运动指令的执行的流程图;

[0038] 图5是在分配与分布式运动指令密切相关的逻辑指令时的配置程序的操作的流程图;

[0039] 图6是与图5类似的、示出用于分布式运动的对等通信的建立的流程图;

[0040] 图7至9是示出根据配置计算机终端对图4的程序的执行的运动规划器和运动指令的不同分配的、具有一个马达驱动器的控制器的简化图;

[0041] 图10是图4的运动规划器的功能框图;

[0042] 图11是示出根据用于接收运动规划或运动指令下载的各个驱动器的能力的、在图1的控制器与两个不同的马达驱动器之间的相互通信的通信时序图;

[0043] 图12是示出可由图6的配置程序实现的、对等通信的、与图8的图类似的图;

[0044] 图13是示出与非驱动器装置的对等通信的、与图12类似的图;

[0045] 图14是示出运动指令和运动规划器的下载的、与图9类似的图,其中该运动规划器包括没有马达驱动能力但是可使用PWM或PTO输出提供马达控制的两个I/O模块;

[0046] 图15是示出运动数据到凸轮运动数据的映射的凸轮系统功能的实现的图;

[0047] 图16是示出用于捕获关于I/O事件的运动数据的I/O模块处的登记命令的实现的流程图;以及

[0048] 图17是示出用于基于运动事件捕获I/O数据的I/O模块处的观察命令的实现的流程图。

具体实施方式

[0049] 现在参照图 1,工业控制系统 10 可包括一般设置有壳体 14 的工业控制器单元 12,壳体 14 具有总线 16,总线 16 提供安装在壳体 14 中的多个模块 18 之间的相互通信。模块可包括例如供电模块 20、控制器 22、一个或多个 I/O 模块 24 以及网络部件 26。网络部件 26 或控制器 22 可在提供连接消息接发的类型的工业控制网络 28 上通信,例如,控制网(ControlNet) 或以太网/IP(公知的开放标准),该连接消息接发提供了消息结束时间、低等待时间以及丢失消息检测的保证。

[0050] 工业控制网络 28 可将工业控制器单元 12 结合到远程 I/O 模块(未示出)和一个或多个远程马达驱动器 30,一个或多个远程马达驱动器 30 可与相应的电动机 32 和位置传感器 34 通信,以提供电动机 32 的受控运动,从而控制相关联的工业机器或过程 36。网络 28 还可结合其它装置 31,例如,提供例如输出凸轮功能(基于远程马达 32 的位置的输出信号)或者登记输入功能(基于马达 32 驱动的机构的对准的输入信号)或者 PWM 或 PTO 输出以及高速计数器输入、编码器输入、摄像装置输入以及编码器输出的标准 I/O 模块。

[0051] 配置计算机 40 可通过工业控制网络 28 或经由例如与控制器 22 连接的专用通信信道 42 与控制器 22 和/或马达驱动器 30 通信。如以下将描述的,配置计算机 40 可以是标准的台式计算机或便携式计算机,并且包括键盘 44、显示屏 46 等,以允许数据的输入和显示以及人类操作者对配置程序的操作。

[0052] 现在参照图 2,控制器 22 可包括处理器 48,处理器 48 与储存存储器 50 通信,以执行一般用于控制控制器 22 的操作的操作系统程序 52 和控制程序 54,控制程序 54 描述了对工业机器或过程 36 的期望控制并且通常对于工业控制系统 10 的给定应用来说是唯一的。存储器 50 还可包括数据表,例如,控制程序 54 所使用的并且如以下将描述的 I/O 表和服务例程(图 2 中未示出)。

[0053] 控制器 22 可通过底板或处理器间通信总线 16 与网络部件 26 通信,网络部件 26 包括操作电路 55(例如,处理器以及所存储的程序和/或专用电路(诸如,现场可编程门阵列))。操作电路 55 可与网络接口电路 56 通信,网络接口电路 56 提供在工业控制网络 28 上对低层电气协议的执行。

[0054] 类似的网络接口电路 56 可设置在马达驱动器 30 中,以与内部马达控制处理器 58 通信,内部马达控制处理器 58 可例如执行伺服控制器或频率控制算法。内部处理器 58 还可与开关电路 60 和 I/O 电路 62 通信。该开关电路 60 例如可根据本领域公知的方法提供脉宽控制或类似的输出,以提供驱动马达 32 的线圈的直接电力。开关电路 60 一般包括确定马达以及可合成电压(例如,一个或多个 AC 电压波形)的固态装置和驱动器的控制参数的马达控制功能,该固态装置和驱动器可连接到马达绕组,该马达绕组向马达提供控制马达位置、扭矩、速率等的功率。I/O 电路 62 可从马达 32 上的传感器 34(例如,从编码器等)接收反馈信号 64,并且还可从例如其它基于机器的传感器 66(例如,提供登记传感器、限制开关、光学断续器等)接收其它输入。

[0055] 处理器 58 还可与存储器 68 通信,存储器 68 保存如下将描述的操作系统程序 70 和下载的控制程序 54 的程序元素 72。

[0056] 如以上指出的,配置计算机 40 可以是标准的台式计算机,其具有与存储器 76 通信

的处理器 74, 存储器 76 保存操作系统程序 78 以及各种数据结构和程序 80, 包括用于配置工业控制系统 10 的程序 82 和如以下全面描述的调制机控制程序。计算机 40 还可根据本领域公知的方法, 提供例如处理器 74 与工业网络 28 或到控制器 22 的单独通信信道 42 之间以及与屏幕 46 和键盘 44 的通信的接口电路。

[0057] 现在参照图 3, 计算机 40 中的数据结构和程序 80 可包括控制程序 54 的副本, 控制程序 54 具有包括运动指令 87 的多个控制指令 86。一般, 控制指令可以是例如以多种不同的语言 (包括继电器梯形图语言、功能块语言和结构化文本语言, 这都是本领域公知的) 表达的、实现定时器、逻辑门、触发器、计数器、算术运算等的指令。运动指令可包括根据诸如最大速度、加速度和加加速度的约束控制马达 32 例如在第一位置与第二位置之间的移动的移动指令、引起马达以预定速度移动的慢移指令以及与第二马达同步地或以凸轮指令或者齿轮指令确定的预定比率或其它函数关系提供马达 32 的移动的协调运动指令。一般地, 这些指令中的每个指令均实现如以下将讨论的由运动规划器生成的定义一系列运动位置和时间的运动轮廓。

[0058] 计算机 40 中的数据结构和程序 80 还可包括描述工业控制系统 10 的各种部件的能力 (例如, 包括各个马达驱动器 30、I/O 模块 24 以及控制器 22 的能力) 的硬件表 88。特别地, 对于马达驱动器 30, 硬件表 88 将指示马达驱动器 30 是否具有接收控制程序 54 的下载部分和执行该部分的能力 (包括执行对运动指令的运动规划的能力)。一般地, 用户通过基于工业控制系统 10 的部件的知识在预定义硬件类型的菜单当中进行选择来输入该信息; 然而, 该信息也可从装置本身抽出。

[0059] 数据结构和程序 80 还可包括根据连接消息接发的惯例描述工业控制系统 10 的装置 (例如包括各个马达驱动器 30、控制器 22 以及 I/O 模块 31) 之间的连接列表 90。一般地, 各个连接均表示工业控制网络 28 的预分配部分。这些连接通常基于用户输入的、指示各个连接的起源和目标的数据。连接列表 90 还可描述例如定义通过连接传送的数据的更新速率的期望连接带宽。

[0060] 数据结构和程序 80 还可包括关联列表 92, 关联列表 92 将控制程序 54 中的输入和输出标签 (表示从传感器接收的数据所反映的控制程序 54 中使用的变量和到致动器和马达的输出) 与用户指派的特定硬件元件相关联。因此, 例如, 与传感器 66 (图 2 中示出) 相关联的标签可与物理连接到传感器 66 的马达驱动器 30 相关联。

[0061] 数据结构和程序 80 还可包括用于执行控制程序 54 的指令的各种功能、任务或服务 96。这些功能、任务或服务 96 通常以固件存储在控制器 22 中, 并且包括实现控制程序 54 的指令 86 的功能 101 以及这些功能调用的服务, 例如, 实现运动指令 87 的功能 101 调用的运动规划器 100。运动规划器 100 当被功能 101 调用时生成时序运动数据 (例如, 位置、速度等) 的运动轮廓。其它功能、任务或服务 96 包括处理控制器与各种装置之间的通信的通信服务 108。这些功能、任务或服务 96 通常是控制器 22 的本地环境的一部分, 但是它们可在开发控制程序的正常处理之外定期地更新。

[0062] 现在参照图 3、图 4 和图 7, 在执行控制程序 54 中的运动指令 87 期间, 指令 87 调用在控制器 22 的硬件中实现指令 87 的功能 101。在本发明中, 实现运动指令的功能 101 被修改为包括判定块 102, 以经由关联列表 92 确定与运动指令 87 相关联的马达驱动器 30 是否具有执行运动规划器 100 和 / 或逻辑指令的能力。

[0063] 如果没有,则配置程序 82 前进到处理块 104,并且调用本地运动规划器 100。然后,运动规划器 100 基于从运动指令 87 传递的参数,为通信服务 108 生成一系列运动数据 110,通信服务 108 通过工业网络 28 将时序运动数据 110 发送到马达驱动器 30。以可以为毫秒级的粗略更新间隔来发送该时序运动数据 110,并且在马达驱动器 30 处通过相应通信服务 108 接收该时序运动数据,相应通信服务 108 将该该时序运动数据提供到精插补器 111,精插补器 111 从运动数据 110 内插具有百微秒级的细微更新间隔的高分辨率运动轮廓。来自精插补器 111 的数据被提供到开关电路 60,如以上描述的,开关电路 60 可提供用于合成驱动马达 32 的必要波形的固态装置和驱动器以及马达控制算法,并且例如使用 PID 控制算法、基于来自反馈传感器 34 的信息而实现反馈控制例程。

[0064] 现在参照图 3、图 4 和图 8,如果在判定块 102 确定与运动指令 87 相关联的马达驱动器 30 包括运动规划器,则配置程序 82 前进到判定块 103,判定块 103 将运动命令 120(一般表示以上发送到本地运动规划器 100 的相同数据)直接发送到通信服务 108,通信服务 108 将该运动命令 120 直接转发到驱动器 30。运动命令 120 通过以比粗略更新速率慢得多的速率运行的连接发送,并且如以下将描述的,一般可基于驱动的事件来发送。运动命令 120 的相对低带宽(低连接更新速率)传输的使用基本上减轻了对工业控制网络 28 以及对控制器 22(其不需要运行运动规划器 100)及其通信服务 108 的要求,从而增加了控制系统 10 可以处理的轴(马达 32)的数量。

[0065] 尽管将运动规划器 100 的功能移动到马达驱动器 30 大大简化了控制器 22 的任务,但是另外的修改可能是必要的或有助于减少由该移动引起的网络通信量的间接增加。参照图 3、图 5 和图 9,由于控制程序 54 中的运动指令 87 与其它指令 86 之间的密切耦合而会产生一些额外的通信量。如果指令间通信的迅速通信被延迟,则该耦合会以额外的网络通信量以及以不期望的处理延迟体现。因此,配置程序 82 可将控制程序 54 的指令 86 视为配置处理的一部分,以识别运动指令 87 并且可选地识别用户或以机器区分的相关联的逻辑指令(链接的非运动指令 89),该以机器区分的相关联的逻辑指令对于给定轴(马达 32)在与一个或多个运动指令 87 一起执行时基本上自我包含的。这些链接的非运动指令 89 将是如下指令:其执行依赖于其关于运动指令 87 的输出的自变量,并且提供支配运动指令 87 的执行并且因此可以容易地与控制程序 54 的剩余部分隔离的输出。在更广泛的选项中,这些链接的非运动指令 89 可接收输入并且提供对于马达驱动器 30 为本地的输出,从而处理根据关联列表 92 确定的相关联的运动指令 87。在另一更广泛的选项中,这些链接的非运动指令 89 可通过如以下将描述的对等连接来接收输入并将输出提供到其它装置(诸如其它马达驱动器 30)。

[0066] 仍然参照图 3、图 5 和图 9,当经由处理块 107 识别运动指令 87 或多个链接的非运动指令 89 时,配置程序 82 前进到判定块 112,以确定经由关联列表 92 与运动指令 87 相关联的马达驱动器 30 是否具有执行运动规划器 100 和 / 或执行逻辑指令的能力。

[0067] 如果没有,则配置程序 82 前进到其它配置任务,否则在处理块 116 处,包含运动指令 87 和链接的非运动指令 89 的算术 / 逻辑指令 86 两者的处理块 124 与用于协调马达驱动器 30 中的运动指令 87 和算术逻辑指令 86 的执行的任何必要服务的配置一起被传递到马达驱动器 30。经由处理块 118 修改下载到控制器 22 的控制程序 54,以移除处理块 124 的这些指令(或插入其代理),这是由于这些指令要在马达驱动器 30 中执行,其中为了控制

器 22 处的调试目的,代理为用户提供实时程序流动画等。

[0068] 现在参照图 6 和图 12,在仅将运动指令 87 传递到马达驱动器 30 或者将运动指令 87 和链接的非运动指令 89 传递到马达驱动器 30 的两种情况下,配置程序 82 前进到判定块 121,以例如使用凸轮指令或齿轮指令识别运动指令 87 是否意味着协调的运动,其中凸轮指令或齿轮指令将马达 32 的运动或其它移动链接在一起,如同通过轴、齿轮系或凸轮系统连接一样。如果是,则配置程序 82 经由判定块 122 检查用户先前定义的并且存储在图 3 的连接列表 90 中的必要对等连接 129,并且如果没找到,则经由处理块 124 通知用户或者自动建立必要的对等连接以支持协调的运动。这些对等连接 129 一般提供限于常规运动数据并且排除运动命令和事件的连接单路通信。这样,对等连接 129 可容易地从生产者多播到多个消耗装置。对等连接 129 一般可在非控制器装置之间、控制器与非控制器装置之间以及控制器装置之间,并且提供聚集除一个所产生的连接中的一个或多个消耗装置之外所需的数据以及将该数据多播到所有消耗装置的能力。

[0069] 如图 12 所示,对等连接 129 建立在两个不同的马达驱动器 30 和 30' 的通信服务 108 之间,并且提供进行中的数据传递,而无需控制器 22 的干预。例如在处理块 124 处断开的该直接对等连接 129 用于通过消除上至控制器 22 然后下至相关的马达驱动器 30 的数据传递,显著地减少工业控制网络 28 的网络通信量和相关联的数据处理。一般地,对等连接是一一对多(多播),因此在一个生产者对多个消费者的情况下,与到每个消耗驱动器的点对点连接相比,它们占用较少的网络带宽。一般,这些对等连接 129 还可用于马达驱动器 30 和 30' 处理的标准 I/O 数据的通信。

[0070] 现在参照图 13,对等连接 129 不限于马达驱动器 30 之间的通信,而是还可提供马达驱动器 30 与其它 I/O 装置(例如,基于通过对等连接 129 所接收的运动数据 110 实现凸轮输出 125 的 I/O 模块 31)之间的通信。运动数据 110 可由凸轮功能 109 使用,从而基于运动数据 110 的特定值或范围经由标准 I/O 模块、I/O 电路 127 生成输出 125。

[0071] 暂时参照图 15,凸轮功能 109 可接收运动数据 110 并且将该运动数据应用于凸轮表 114,凸轮表 114 将所存储的运动主位置 115 映射到凸轮输出 117。一般地,凸轮功能 109 将包括内插器 123,内插器 123 基于当前的和先前的主位置 115 而在凸轮输出 117 之间进行内插。然后,该凸轮运动输出 117 可被应用于开关电路 60,如以上针对到 32 的输出信号的生成描述的,开关电路 60 一般包括马达控制功能以及固态装置和驱动器。

[0072] 更一般地,对等连接 129 可以是到 I/O 模块 31', I/O 模块 31' 借助于 I/O 模块 31' 中的登记/观察功能 131 而实现登记指令或观察指令。同样参照图 16,如处理块 132 指示的,登记/观察功能 131 在例如从工业控制器 22 接收到登记命令时,如处理块 137 所指示的,可针对该输入信号中的预定模式而监视来自 I/O 电路 127 的输入信号。该模式可以是例如同时的数据值或数据值的序列。特定模式可以并入登记命令中(作为自变量或参数)或者可例如从工业控制器 22 预先发送以传送登记命令。

[0073] 当模式匹配时,如处理块 137 所指示的,登记/观察功能 131 捕获通过对等连接所接收的运动数据。在该捕获结束时,如处理块 139 所指示的,登记结束事件 154(如以下将更详细地描述的)可与处理块 143 指示的捕获数据一起返回到控制器 22。

[0074] 备选地并且还参照图 17,登记/观察功能 131 可如处理块 155 所指示的那样接收观察命令(例如,从工业控制器 22),并且可如处理块 156 所指示的那样监视通过对等连接

所接收的运动数据值以越过预定阈值。特定阈值可以并入观察命令中或者可例如从如上所述的工业控制器 22 预先发送。当如处理块 158 所指示的那样越过阈值时, 登记 / 观察功能 131 经由处理块 158 捕获从 I/O 电路 127 接收的输入数据。在该捕获结束时, 观察结束事件 154 如处理块 160 所指示的那样与处理块 162 指示的记录数据一起再次返回到控制器 22。

[0075] 在所有这些情况下, I/O 模块 31 和 31' 可通过对等连接从控制器 22 或从对等装置 (诸如, 上述马达驱动器) 接收运动数据 110。通过分布登记命令或观察命令, 消除了转移执行控制器中的登记和观察功能的需要。

[0076] 现在参照图 10, 控制器 22 可使用的或者马达驱动器 30 选择的运动规划器 100 合并通过输入 133 根据各种运动指令 87 (如图 10 示意性地示出的那样接收的) 的参数生成时序运动数据 110 所需的所有编程。一般地, 每个运动指令 87 可调用与该指令 87 相关联的单独的运动发生器 135, 从而执行将期望运动描述为时间的函数的运动轮廓 134。这些用于不同指令的运动轮廓 134 可通过加法器 136 相加在一起并经由输出 138 输出作为一般包括如下命令的任一形式的时序运动数据 110: 马达位置命令、马达速度命令以及马达加速度命令。

[0077] 在协调的运动指令的情况 (其中, 给定的运动规划器 100 表示主轴) 下, 输出 138 可施加于到控制器 22 的运动规划器 100 的齿轮或位置凸轮发生器 135 的输入 133, 控制器 22 将其输出 138 发送到其它驱动器 30 中的从轴。替选地, 当配备有运动规划器 100 时, 主轴输出 138 可通过以上关于处理块 130 描述的对等连接 129 直接传送到从轴的马达驱动器 30。在针对主轴建立输出凸轮系统关系的情况下, 主轴的运动规划器 100 还提供凸轮输出 140, 从而提供规划器命令输出 138 与凸轮输出 140 之间的期望函数关系。

[0078] 如以下将描述的, 在关于工作在马达驱动器中的每个运动发生器 135 的每个运动轮廓 134 结束时, 可生成运动结束事件 154 以传送回至工业控制器。

[0079] 通过将运动规划器 100 移动到马达驱动器 30, 工业控制网络 28 可优选地用于运动指令 87 对运动规划器调用的相对低带宽通信, 并且避免时序运动数据 110 的高数据速率。

[0080] 现在参照图 11, 本发明更一般地允许通过将不同带宽连接用于不同的马达驱动器 30 而改进网络 28 的带宽利用率。控制器 22 与马达驱动器 30 之间的该带宽调整不仅可在运动规划器 100 移动到马达驱动器 30 时完成, 而且可在运动规划器 100 保留在对于运动轮廓 134 (图 10 所示) 具有不同分辨率要求的控制器 22 中的情况下完成。

[0081] 如上所述, 一般地, 粗略更新速率 144 用于控制器 22 与不支持运动规划器 100 的典型马达驱动器 30 之间的双向消息 142 中的运动数据 110 (图 7 所示) 的传输。相反地, “动态更新速率” 146 可用于控制器 22 与本发明的马达驱动器 30' 之间的双向动态速率分组 120 中的运动数据 110 的传输, 本发明的马达驱动器 30' 支持运动规划器 100, 因此不需要传送高频时域运动数据 110 而仅需传送运动命令 120。该动态更新速率 146 基本上平均低于粗略更新速率 144。

[0082] 尽管控制器 22 与马达驱动器 30' 之间的带宽要求相对低, 然而重要的是, 运动指令 87 的执行是迅速的。动态更新速率 146 通过提供可以通过引入新动态速率分组对 141 而响应于时间临界 “事件” 的事件驱动的动态分组传递机制, 解决了低平均带宽使用与对特定事件的迅速通信的需要之间的这种紧张状态。

[0083] 因此, 例如, 控制器 22 与使用动态更新速率 146 (表示平均带宽使用率) 的马达驱

驱动器 30' 之间的通信可按需（例如，当发生控制器 22 产生的运动命令调用 150 或者发生驱动器 30' 产生的驱动事件 152 时）插入事件驱动的动态速率分组 141'。驱动事件 152 可以是由驱动器产生的时间临界数据，例如，指示驱动器已到达了马达 32 的登记位置（从图 1 所示的传感器 34 得到）。这样的登记信息需要快速被传输以触发其它逻辑和运动指令。

[0084] 参照图 7、图 8 和图 11，本发明还提供了运动结束事件 154 形式的额外驱动事件 152，运动结束事件 154 指示当运动规划器 100 远程地设置在驱动器 30 中时对于给定运动指令 87 的运动规划服务的结束。该运动结束事件 154 由驱动器 30 中的运动规划器 100 产生并且被返回到控制器 22。与驱动事件 152 类似，运动结束事件 154 触发额外的动态速率分组对 141，以用信号通知控制器 22 对于运动指令 87 结束时伴随的控制程序 54 的指令 86 完成了运动指令 87。动态速率分组 120 是通过开拓这种连接消息接发系统的能力而在连接消息接发系统环境中实现的，以将关于该平均值波动的平均带宽容纳在给定带宽连接内。

[0085] 如上所述，应理解，动态速率分组对 141 也可以用在运动数据 110 正从控制器 22 传送到多个马达驱动器 30 但是不同速率的马达驱动器 30 所表示的不同轴需要运动数据 110 的情况下。即，一些轴可能需要较不精确的控制或较不频繁的更新。在该情况下，使用动态速率分组 120 加上事件触发可以增加工业控制网络 28 的带宽利用率的效率。

[0086] 现在参照图 14，例如如以上关于图 9 描述的运动指令 87 和运动规划器 100 的下载也可在 I/O 模块 31 中实现，I/O 模块 31 不具有开关电路 60 提供的传统马达驱动能力，开关电路 60 可合成直接驱动马达线圈的高功率马达驱动信号。取而代之，I/O 模块 31 可具有标准的低功率输出电路，该标准的低功率输出电路可产生脉宽调制 (PWM) 或脉冲串输出 (PTO) 信号，该脉宽调制 (PWM) 或脉冲串输出 (PTO) 信号可被提供到例如接收方向信号和脉冲串的步进马达驱动器以操作步进马达，或者提供到接收脉宽调制或模拟信号的扭矩马达驱动器等以控制到马达的电功率。在该情况下，如在以上关于图 9 描述的情况下，经由图 5 的处理块 107，识别运动指令 87 和 / 或多个链接的非运动指令 89，并且在判定块 112，确定经由关联列表 92 与运动指令 87 相关联的 I/O 模块 31 是否具有执行运动规划器 100 和 / 或执行逻辑指令的能力。

[0087] 如果不是，则配置程序 82 前进到其它配置任务，否则在处理块 116 处，包含运动指令 87 和链接的非运动指令 89 的算术 / 逻辑指令两者的处理块 124 与用于在马达驱动器 30 中协调运动指令 87 和算术逻辑指令 86 的执行的任何必要服务的配置一起被传递到 I/O 模块 31。经由处理块 118，修改下载到控制器 22 的控制程序 54，以移除（或代理）处理块 124 的这些指令，这是由于这些指令要在马达驱动器 30 中执行。

[0088] 某些术语在这里仅用于引用目的，因此不旨在为限制性的。例如，诸如“上面”、“下面”、“在... 以上”和“在... 以下”的术语指的是所参照的图中的方向。诸如“前面”、“后面”、“背面”、“底部”和“侧面”的术语描述了一致的但是任意的参照系内的部件的部分的定向，这通过参考描述所讨论的部件的文本和相关联的图而变得清楚。这样的术语可包括以上具体提及的词、其派生词以及类似意思的词。类似地，涉及结构的术语“第一”、“第二”以及其它这样的数字术语不意味着序列或顺序，除非上下文明确指出。

[0089] 当介绍本公开内容和示例性实施例的元件或特征时，冠词“一 (a)”、“一个 (an)”、“该 (the)”和“所述 (said)”旨在表示存在一个或多个这样的元件或特征。术语“包括 (comprising)”、“包括 (including)”和“具有”旨在为包括性的并且表示可存在除具体指

出的那些元件或特征之外的另外的元件或特征。还应理解,这里描述的方法步骤、处理以及操作不应被解释为必须需要按照所讨论或说明的特定顺序来执行,除非具体标识为执行顺序。还应理解,可采用另外的或替选的步骤。

[0090] 对“微处理器”和“处理器”或者“该微处理器”和“该处理器”的引用可以理解为包括可以在单机环境和 / 或分布式环境中通信的一个或多个微处理器,因此可以被配置成经由有线或无线通信与其它处理器通信,其中,这样的—个或多个处理器可以被配置成对可以为类似的或不同的装置的一个或多个处理器控制的装置进行操作。此外,除非相反规定,否则对存储器的引用可以包括一个或多个处理器可读且可访问的存储器元件和 / 或部件,该处理器可读且可访问的存储器元件和 / 或部件可以在处理器控制的装置内部、在处理器控制的装置外部,并且可以经由有线或无线网络来访问。

[0091] 本申请通过引用合并与本申请同一日期提交的且受让给与本发明相同的受让人的、题为 Output Module for an Industrial Controller 和 Input Module for an Industrial Controller 的美国申请。

[0092] 具体地,本发明不限于这里包含的实施例和说明,并且权利要求应被理解为包括这些实施例的修改形式,其包括落入所附权利要求的范围内的实施例的部分和不同实施例的元素的组合。这里描述的所有公开(包括专利和非专利文献)在此通过引用将其全部内容合并于此。

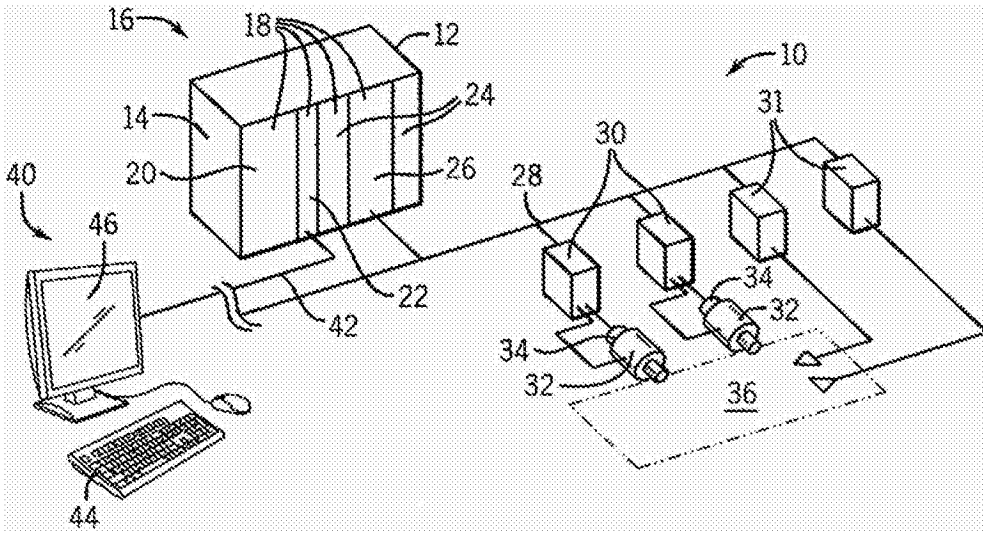


图 1

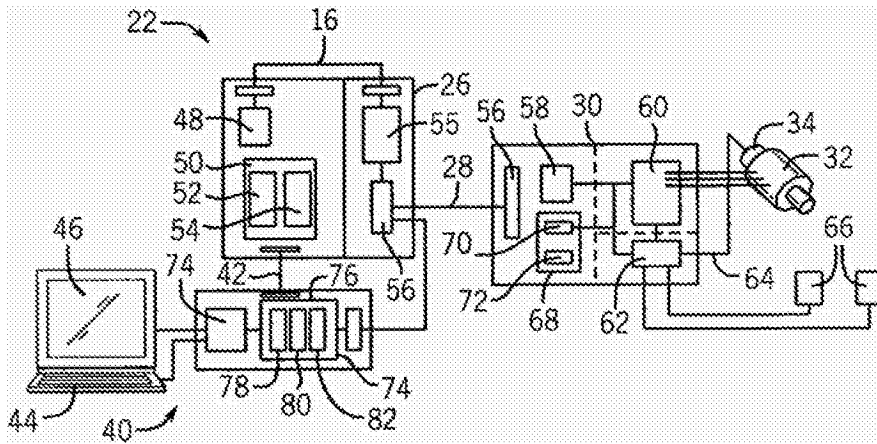


图 2

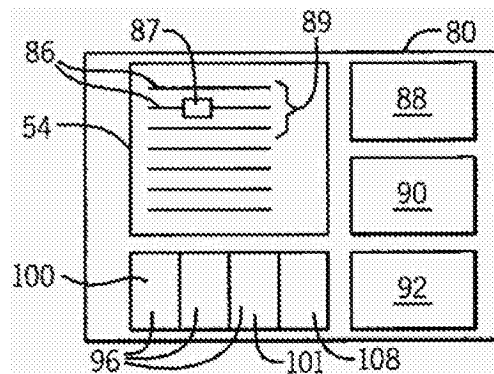


图 3

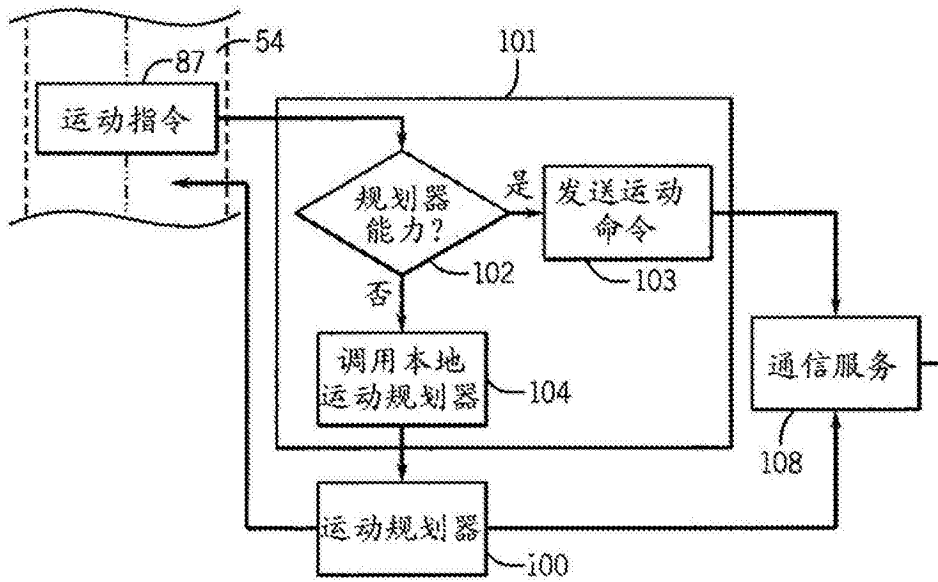


图 4

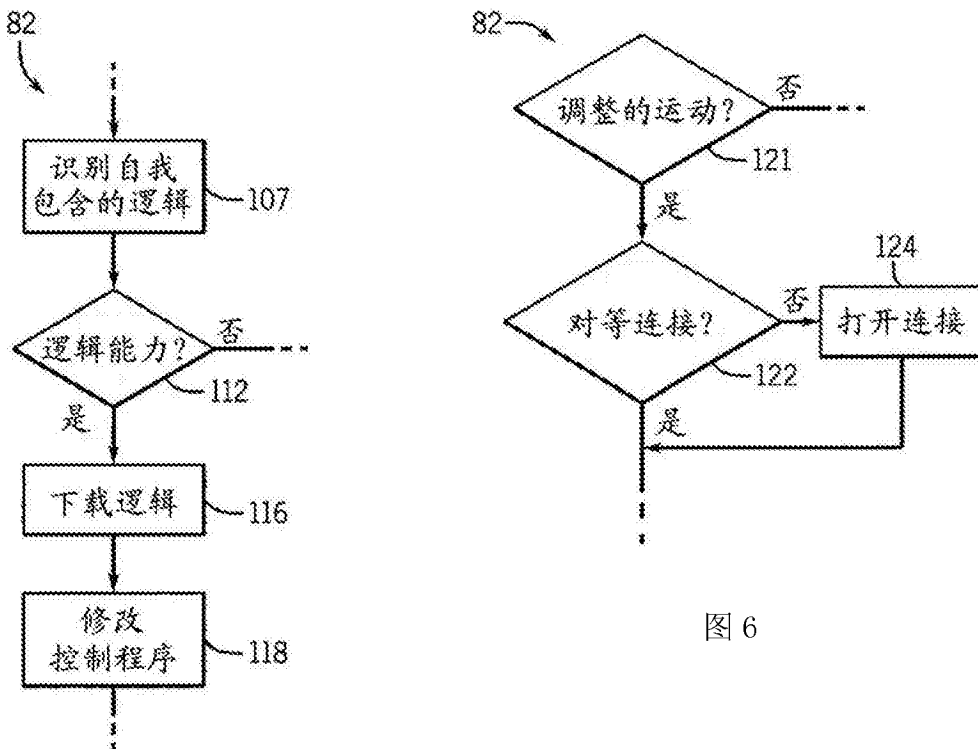


图 6

图 5

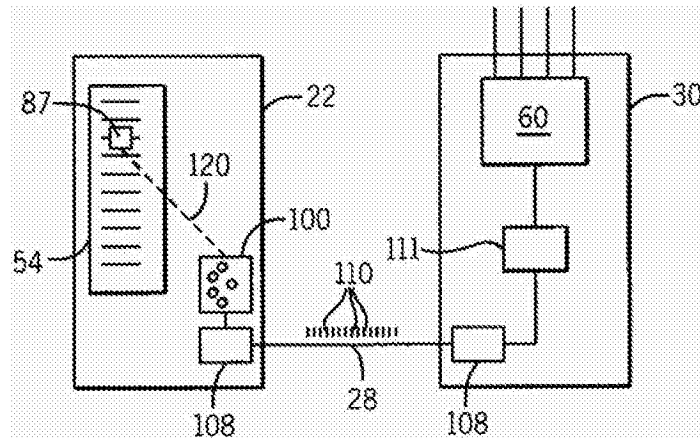


图 7

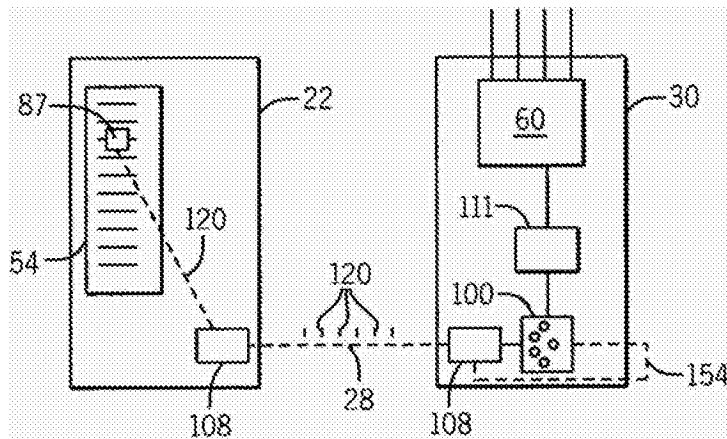


图 8

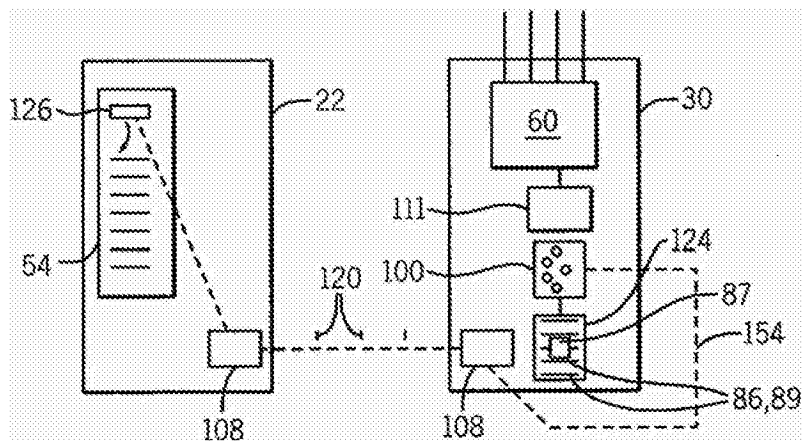


图 9

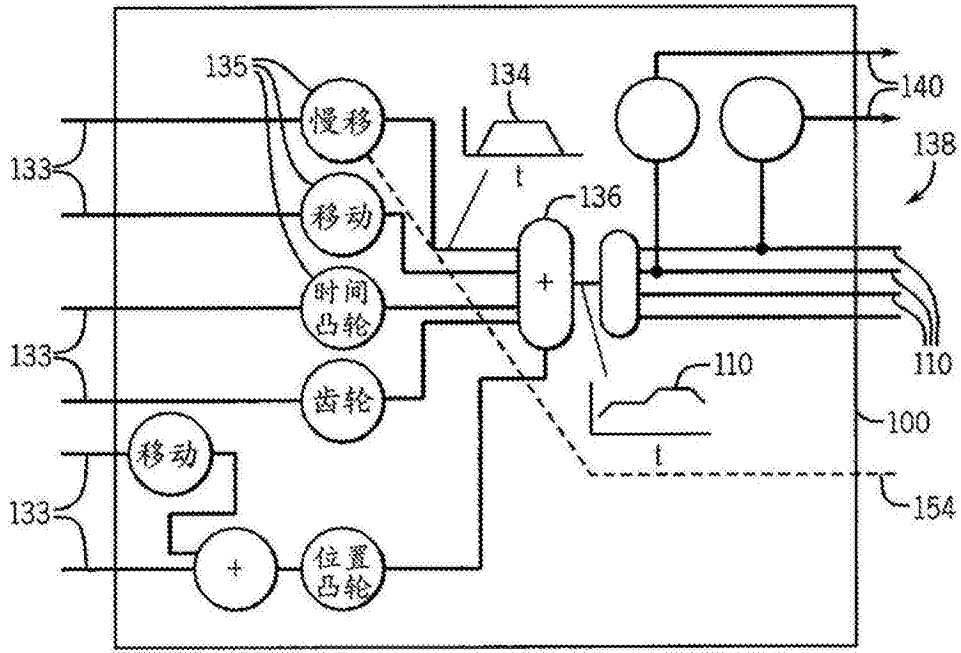


图 10

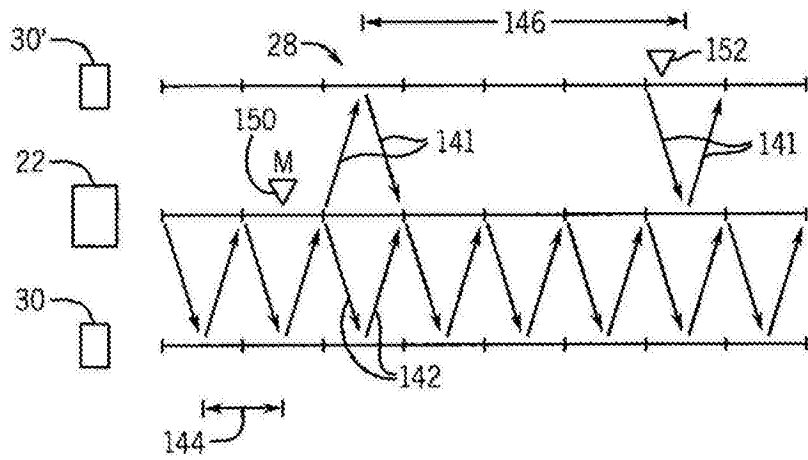


图 11

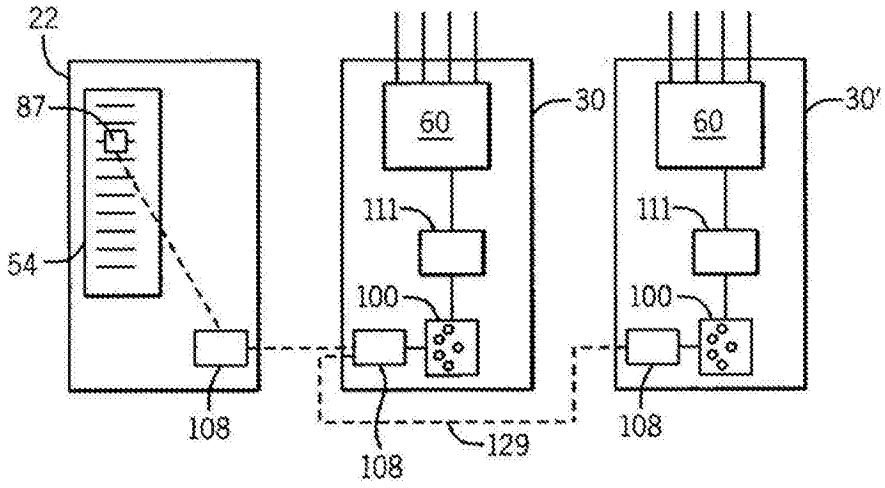


图 12

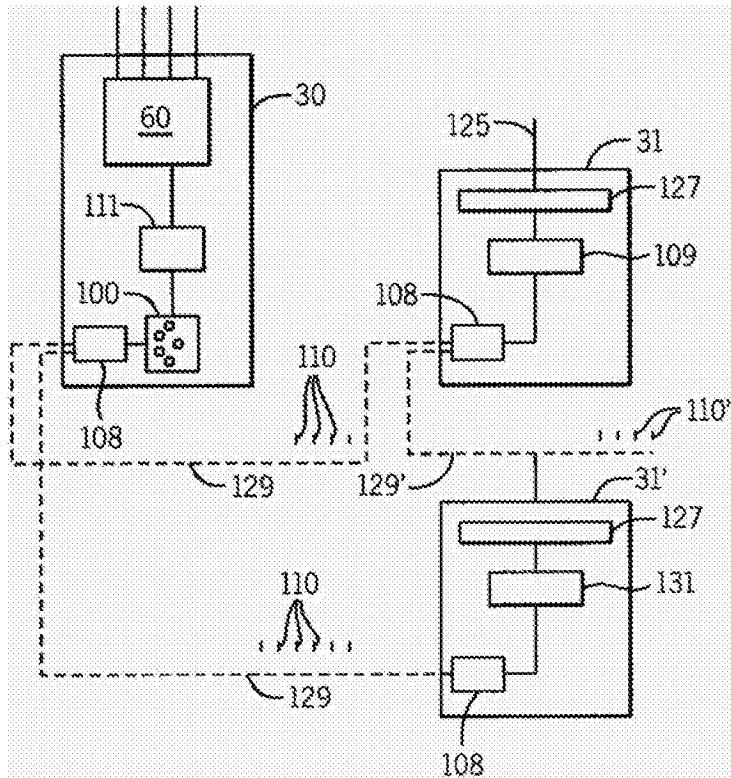


图 13

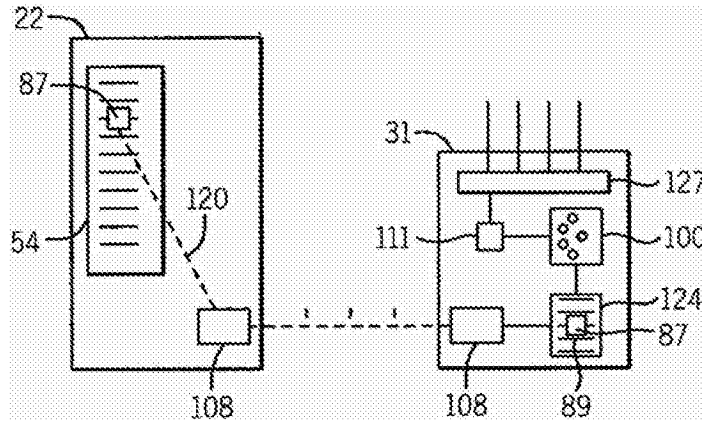


图 14

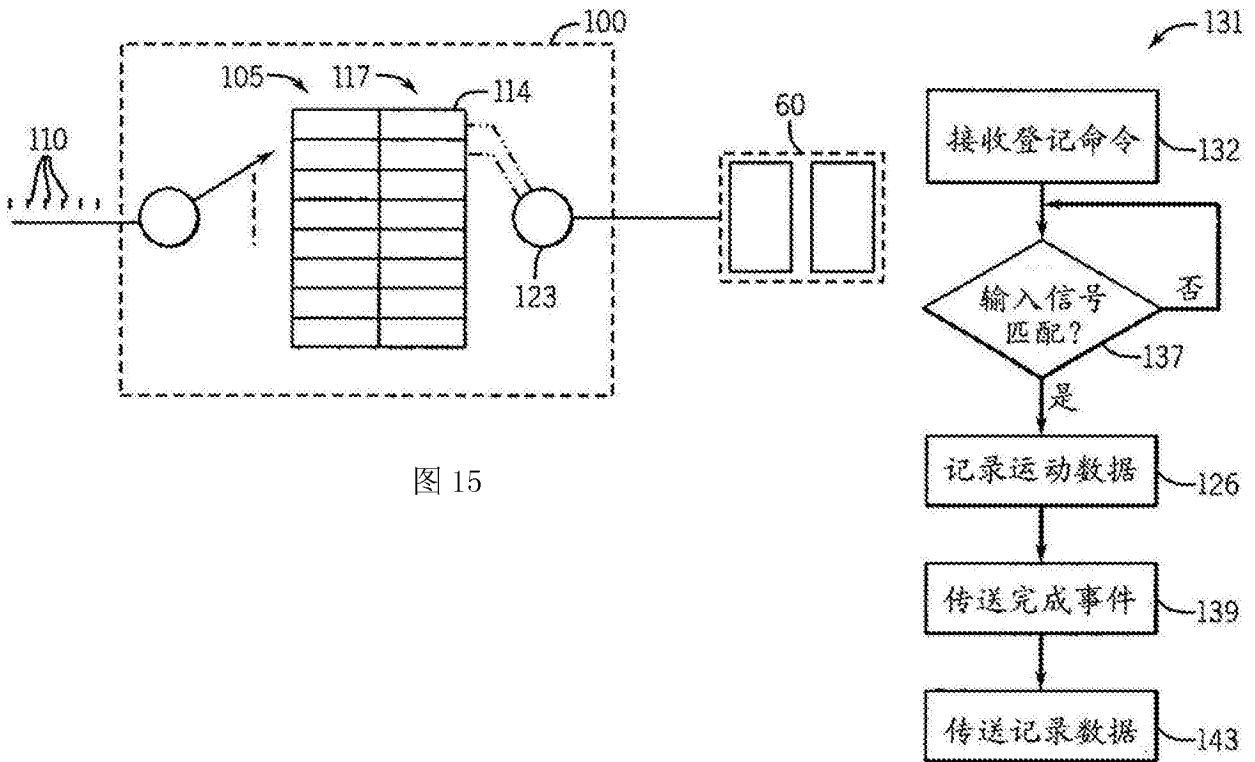


图 15

图 16

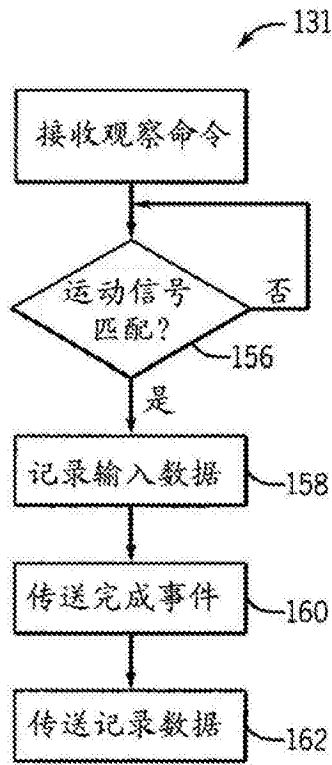


图 17