

基于虚拟控制模型的控制器远程维护系统^①

Controller Maintenance System Based on Virtual Control Model

李红艳 (湖北经济学院计算机与电子科学系 武汉 430205)

摘要:为了保障控制器软件故障时控制系统的动态性能,解决控制器的故障检测、远程升级问题,介绍了控制器故障测试方法,提出了远程虚拟控制维护系统的基本模型,设计了基于互联网的控制器虚拟维护系统,并系统地阐述了虚拟维护系统实现的软件结构、网络通信结构和基于 Web 的用户接口等关键问题。

关键词:互联网 故障检测 控制系统 系统结构 虚拟控制

当前,由于互联网和 Web 技术的高速发展,互联网控制系统的研究取得了广泛的关注,已经成为控制领域研究的一个热点,系统设计的结构选择、时延问题等已经被系统化地研究^[1-2]。然而,还很少有基于互联网的控制器软件的维护方法的研究成果。幸运的是,控制领域一些研究者已经提出了一些有前途的控制器故障检测策略^[3],为控制器软件的维护奠定了基础。互联网技术的广泛使用,将互联网技术用于控制器维护将会带来更大的经济利益。本文为了保证控制器软件故障时控制系统的动态性能,结合基于互联网远程控制器维护系统的要求,给出了控制器故障测试方法,提出了远程虚拟维护系统的基本模型,并重点阐述了基于互联网的控制器虚拟维护系统实现的关键问题。

1 控制器故障测试方法

控制器维护的前提是能够采用有效的方法及时的识别控制器故障,而由于互联网通信不可避免的存在网络传输延时,远程客户端识别控制器故障将会延迟故障的探测时间。因此,利用软件在本地控制系统服务器端识别控制器故障,利用互联网在远程客户端维护控制系统将是更加理想的选择。根据 C. W. Dai 先前的研究成果^[4],基于监视真实控制器和测试基准控制器的控制输出的差别,能够实现控制器软件故障测试方法。较为理想的情况,假定控制器输出的差别服从稳定的高斯分布,采用线性二次高斯控制器作为测

试基准控制器。理论上,如果真实控制器被精确的整定,并且工作在正常的工作状态,真实控制器和线性二次高斯控制器的输出将非常接近。此时,如果系统发生任何故障,将导致两控制器之间的差别显著的变化。如果线性二次高斯控制器与真实控制器之间的控制信号输出存在差别,则可以认为测试到控制器软件故障。此时需要采取有效的措施维护控制器软件。

2 虚拟控制维护系统模型

图 1 给出了虚拟控制维护系统的基本模型,此系统模型包括虚拟控制器、真实控制器、虚拟过程和真实被控过程四个主要的组成部分。其中,虚拟控制器和虚拟过程属于虚拟控制环境,而真实控制器和真实被控过程则属于真实控制环境,虚拟控制器是远程仿真控制器软件,而虚拟过程是被控过程的辨识模型。为了避免互联网时延影响本地控制系统的动态性能,真实控制器和被控过程必须紧密地耦合在一起;而虚拟控制器和虚拟过程可以利用内网或者互联网作为媒介进行通信,因此可以位于任何地方。此虚拟维护系统模型的独特优势是四个组成部分可以通过内网或者互联网有机的连接在一起,因此允许不同地域的操作员可以协同工作。为了远程设计、测试和维护控制器的目的,虚拟维护系统模型四个组成部分中的任何两部分均可以协同工作在一起。

图 1 中描绘了通过在四部分之间建立连接的一些

① 基金项目:湖北省教育厅重点科研项目(B200519001)

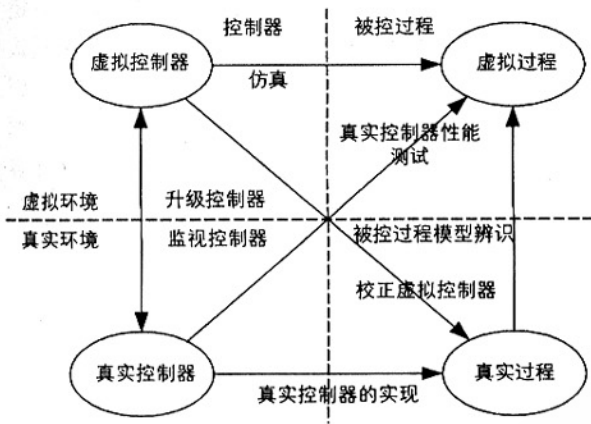


图 1 虚拟控制维护系统的基本模型

可能的应用,相对来说,在虚拟环境下的应用比真实环境下的应用更加安全。最终结果是将真实控制器和真实被过程有机地耦合在一起,确保控制系统正常工作。在虚拟环境下,虚拟控制器和虚拟过程的耦合允许我们更加安全的仿真新设计的虚拟控制器,执行控制器参数的整定,选择最优的动态响应,或者分析各种过程变量的灵敏性。显然地,通过在线系统辨识功能,虚拟被控过程能够被有效地更新。

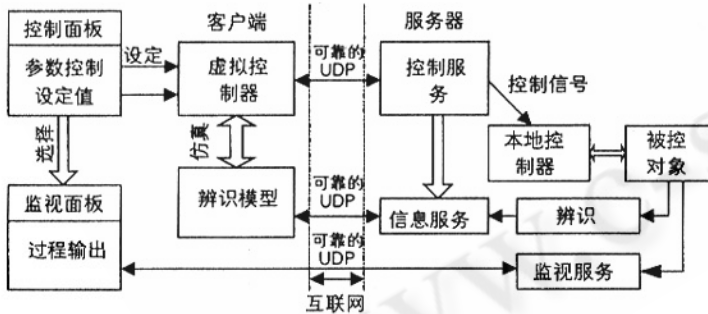


图 2 基于互联网的控制器虚拟维护系统的软件结构

真实被控过程与虚拟过程的耦合允许远程操作者能通过互联网(或内网)通信辨识、更新和改善虚拟过程模型。当真实过程的参数连续的改变,通过此耦合连接,其辨识模型也会相应的跟着改变,因此,该耦合目的主要在于实时辨识改变的过程参数。真实控制器和虚拟控制器的耦合允许远程操作者在控制器维护时不仅可以监视和诊断真实控制器的性能,而且能够

利用该耦合传递虚拟控制器和升级真实控制器软件。

虚拟控制器和真实控制过程的耦合允许操作员校正新设计的虚拟控制器。在升级真实控制器之前,这一步耦合是至关重要的,也是必需的。真实控制器和虚拟过程的耦合有助于我们实现真实控制器,测试新的控制策略的性能。真实控制器和真实过程的耦合是实现本地控制器远程维护的最终阶段,通过这个耦合,实现新的真实控制器。

3 系统实现

3.1 系统结构

系统软件可分为两部分:客户端软件和服务端软件。客户端与远程用户或操作员相连,主要执行过程输出监视、虚拟控制器仿真任务,服务器端主要执行被控过程的系统辨识、真实控制器的升级任务。如图 2 所示,从功能方面来说,客户端程序分成三部分,主要实现仿真、控制、监视三个独立的功能,分别显示在仿真平台、控制面板和监视面板上。基于仿真平台,利用从服务器端接收到的被控过程的辨识模型,新设计的虚拟控制器被整定。控制面板直接与用户进行交互,用户可以通过控制面板设置或者改变虚拟控制器的参数。而监视面板监视过程输出的动态趋势。利用下文提出的实时数据网络通信结构,在客户端与服务器端实现可靠的互联网通信。

在服务器端,从功能上讲,也要分为三部分服务,控制服务、信息服务和监视服务。控制服务接收来自客户端的控制器升级信号和控制器参数。为了实现本地控制器升级,服务器系统用新接收的控制器升级信号更新旧的本地控制器。信息服务的主要目的是根据客户端的需要辨识被控过程的模型,并发送被辨识的模型给客户端。监视服务监视被控过程的输出,然后将输出响应通过互联网发

送到客户端。

3.2 网络通信结构

(1) 协议分析。目前最流行的传输层协议是传输控制协议 TCP 和用户数据报协议 UDP。TCP 是面向连接的传输层协议,他能够保证数据可靠、按序、无丢失和无重复的进行传送。而 UDP 是一种简单的无连接协议,他是一种不可靠的协议。但是,相对于 TCP 协

议,UDP 协议没有拥塞控制、流控制机制,在传输中具有 TCP 无法比例的速度优势。因此,UDP 协议更加适合于实时数据的通信。然而,纯粹的 UDP 并不能满足实时传输中的可靠性要求,比较有前途的解决方法是借鉴 TCP 协议的可靠性处理策略,结合 UDP 的实时性优势,实现一种实时数据可靠的 UDP 通信连接。

(2) 可靠的 UDP 通信连接。基于我们先前的研究工作^[5-6],吸收已经存在的实时技术的思想,在 UDP 协议之上,增加实时控制协议层(RCP)、安全设计层(SDL)和实时应用程序接口层(RAPI)三个额外的层,以实现安全的端到端实时控制数据传输结构,如下图 3 所示。其中,实时控制协议提供相对灵活的队列、窗口机制解决控制数据传输的可靠性和实时性问题;安全设计层主要目的是确保控制系统网络数据传输的安全性和保密性;实时应用程序接口层主要为实时控制协议提供一般的控制应用接口功能。此网络通信结构的优势是通过 TCP 连接和 UDP 连接的共存,支持实时数据和非实时数据的同时传输;采用资源预留协议(RSVP)提供 QoS 保证。

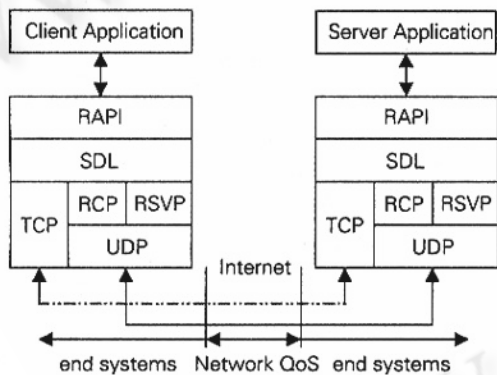


图 3 实时数据的网络通信结构

3.3 基于 Web 用户接口

基于 Web 用户接口的设计目标是使用户能够尽快地发现被控过程发生什么问题,并且提供一个有效的控制器仿真平台。因为不相关的信息可能模糊重要的控制信息,对于不同任务,选择最合适的任务接口至关重要。根据客户端软件结构,客户端需实现三种类型的函数,监视函数、控制器仿真函数和过程控制函数。相应的,客户端界面实现了监视面板、控制器仿真平台以及控制面板。过程监视功能需要用曲线图指示

目前的过程状态以及显示过程输出的历史趋势。在控制面板,界面显示工业过程控制参数,用户可以通过该界面调节设定值;在控制器仿真平台,通过使用被辨识的过程模型,能够有效地整定控制器参数;在监视面板,被控过程输出的动态响应曲线被动态地显示在客户端的监视面板上。不同于一般的 Web 页曲线,根据系统的状态,服务器端正常地产生动态曲线,并发送给客户端,客户端周期性地自动更新过程输出曲线。为了达到以上功能,使用了服务器端推动机制,其基本原理是信息发送行为基于信息变化,信息变化由服务器端监视,而不是客户端请求。采用此机制的优点是不仅加速了客户端信息更新,而且减少了服务器端负载。

用 Java applet 和 LabVIEW 可以实现上述论述的基于 Web 用户接口的功能。LabVIEW 支持 TCP、UDP 网络通信协议,它是一种优秀的仪器系统曲线编程语言,然而,它主要被用在教育目的。因此,对于实时控制系统,用 Java 写 applet 可能是更好的选择。

4 结论

本文介绍了控制器故障测试方法,结合基于互联网远程控制器维护系统的要求,给出了控制器故障测试方法,提出了远程虚拟维护系统的基本模型,详细阐述了基于互联网的控制器虚拟维护系统实现的软件结构、网络通信结构和基于 Web 的用户接口等关键设计问题。

参考文献

- 1 李红艳,基于互联网的过程控制系统的时延补偿,华中科技大学学报,2005,33(8):51-53.
- 2 S. H. Yang, X. Chen, and J. L. Alty. Design issues and implementation of Internet-based process control systems. Control Engineering Practice, 2003, 11: 709-720.
- 3 X. Z. Zhang, P. Thomas, "Adaptive fault-tolerant control of nonlinear uncertain systems: an information-based diagnostic approach", IEEE tran. On automatic control, 49(8), pp. 1259-1274, 2004.
- 4 C. W. Dai, S. H. Yang, "An approach for controller fault detection", Proc. Of the 5th world congress on intelligent control and automation, Hangzhou, China, pp. 1637-1741, June 15-19, 2004.