

可扩展的监控系统仿真平台

桂 勋¹, 姚 兰², 谭永东¹, 钱清泉¹

(1. 西南交通大学 电气工程学院, 四川 成都 610031;

2. 成都信息工程学院 控制工程系, 四川 成都 610225)

摘要: 针对传统监控系统在系统结构、通信模型和软件技术等方面存在的问题及不足, 结合自律分布系统 ADS(Autonomous Decentralized System)技术, 采用对等式的体系结构和发布/订购的通信模式, 构建了一个新型监控系统的设计方案, 并给出了系统设计框架和软件设计结构, 包含界面组态和编辑、属性和逻辑控制、数据打包和解析、网络通信中间件、文件传输接收和波形仿真 6 个子系统, 最后利用 VC++ 平台开发实现了仿真系统。仿真验证了基于 ADS 技术的可扩展监控系统可很好地实现系统的在线扩展、在线容错和在线维护等各种先进特性。

关键词: 监控系统; ADS; 发布/订购; 软件总线; 在线扩展

中图分类号: TM 764.2

文献标识码: A

文章编号: 1006-6047(2006)12-0064-03

0 引言

随着科学技术不断进步和监控应用领域扩大, 传统监控领域中出现了一些新的需求和发展方向。

a. 大规模化、复杂化、广域分布化。由于生产和生活方式的变化, 一个企业的生产经营活动范围越来越广, 往往涉及多个部门、地区甚至国家, 广域分布化的特征越来越明显。

b. 可移动性和动态性。可移动性表现在被监控对象和监控者同时处于移动状态, 监控系统能够广泛地对被监控对象进行监控, 同时监控者也能够不同的地点得到全局的信息。如机车等被控对象处于不停的运动状态, 而监控者亦要求在移动状态下实现对监控对象的监控。另外, 运行中的监控系统由于用户需求的变化和增加, 要求能实现系统规模和功能的扩展。同时, 由于新技术的不断出现, 要求系统能平滑地实现升级改造。这些都要求系统有良好的动态特性和可扩展性。

c. 智能化。由于监控对象的复杂化, 要求监控系统根据外部条件、状态的变化, 能够自动地优化控制策略, 提供解决方案^[1]。

针对未来监控系统的新需求和特征, 本文基于自律分布系统 ADS(Autonomous Decentralized System)技术, 结合智能控制技术、现代通信技术和计算机技术, 构建了一个可扩展的监控系统仿真平台, 并且通过仿真验证了基于 ADS 技术的可扩展监控系统具有的在线维护和在线容错等先进特性。

1 传统监控系统的不足

传统监控系统在系统结构上和内部实现技术上都普遍存在着以下几方面的问题, 导致系统无法适应

未来监控系统向广域分布化、可扩展性的发展趋势^[2]。

1.1 体系结构

体系结构广泛采用集中式和客户/服务器(C/S)结构。对于广域分布化监控系统, 集中式体系结构已不能满足系统动态变化和扩展的要求, 主要有 3 个原因。

a. 所有现场设备信息必须通过通信前置机发送到控制中心, 增加了信息传输的环节。

b. 所有现场信息最终都要汇聚到控制中心, 由控制中心进行各种数据处理, 最后显示在操作员工作站的屏幕上。同时, 将各种控制信息发送给现场设备, 增加了控制中心的负担。

c. 若监控系统需要增加新设备时, 必须停止整个系统运行, 修改控制中心的软件或重新编写软件, 严重影响监控系统运行, 消耗大量的人力物力。

对于 C/S 结构而言, 存在 3 个问题。

a. 客户端每次操作必须经服务器统一处理, 使大量的信息交互集中到服务器。当系统规模扩大时, 服务容量必然会迅速增加, 负荷进一步加重, 很可能导致网络拥塞, 服务器处于瘫痪状态。

b. 当有新的客户端加入时, 必须对服务器进行调整、修改, 服务器软件也需修改后才能使整个系统正常运行, 这必然影响整个监控系统正常运行。

c. 传统 C/S 应用软件模式是基于“肥客户机”结构下的 2 层结构, 面临着系统的扩展及安装、维护困难的问题。

1.2 通信模型

传统监控系统一般采用轮询和请求/应答的通信方式, 这些方法在实际应用中都存在实时性等问题。

1.3 软件技术

传统监控系统设计多采用自顶向下的方法, 这些方法在设计阶段系统的结构、规模和功能是确定的, 当系统扩展和变化时, 必将引起整个系统的变化。

2 仿真平台设计方案

为了满足未来监控系统的新需求,从影响系统性能的根本因素出发^[3-4],可扩展监控系统仿真平台的设计方案考虑 3 方面因素。

a. 体系结构上采用对等而又自律分散的体系结构。在新体系结构下,请求应答只是通信的一种方式而不是唯一的,监控对象间可采用多种方式通信;组成系统的各对象间不再是相互独立的个体,系统性能不再依赖于某个关键节点,而是依赖于组成系统各个对象间的有机合作。某个节点加入/退出系统只是系统的局部行为,组成系统的对象间要求不断进行通信交换信息,可以进行信息的交换和共享。

b. 采用发布/订购(P/S)的通信模型。请求应答的通信模型已不能适应监控系统对实时性的要求,在 P/S 通信模型下,发送者只管发送数据,接收者只接收其感兴趣的数据。服务器不再是通信瓶颈,这种对等的通信模式确保了各种故障情况下通信的可靠性,省去了请求环节,提高了系统通信的实时性。

c. 在系统软件技术方面,未来监控系统要面对的是广域分布式结构,不可能一次建成一次投入运行,所以必须考虑一边建设一边投入运行的方式。为了实现这种系统软件技术,必须采用综合性的软件技术,如 DCOM、CORBA、APS、SOFTENGINE 等。组件化的大规模应用程序开发已势在必行。

3 ADS 技术

构成 ADS^[5-7]的首要条件是子系统的存在性。整个 ADS 不能事先定义,只能笼统定义为若干子系统的集成。ADS 最关键的特点是子系统的自我控制和自我协调能力。自我控制表现在一旦某个子系统出现故障、进行维修或刚刚加入,其他子系统可不受干扰地管理和运行自己的功能;自我协调是指一旦某个子系统出现故障、进行维修或刚刚加入,其他子系统能在它们内部协调处理完成各自的任务。

正是子系统的这 2 个特点保证了整个系统的在线扩展、在线维护和容错。基于 ADS 的监控系统具有几个优点。首先,它不再基于传统的 C/S 模型,而是由若干子系统构成。各子系统间相互平等,不存在依附关系,可自主运作,但这并不表明它们不与外界交换信息。实际上,各子系统不断向外界以广播方式发送信息,同时又根据各自需求接收外界信息。由此,C/S 模式中服务器大量的负担被有限地分散了,而且加快了子系统间信息的交换速度。

利用 ADS 概念组建的系统较好地保证了系统在线扩展、在线维护及容错,这些特点与不断发展变化的监控系统的要求非常吻合。

ADS 的核心协议 ADP 是建立在 UDP 协议上的一个应用层协议。因此,只要支持 TCP/IP 协议的环境都可以支持 ADS 技术。目前,ADS 标准草案(ISO/TC 184/SC 5/SG 5)已提交给国际标准化组织,即

将被采纳为国际标准。另外,ADS 与 OPC(OLE for Process Control)和 CORBA 的融合及其标准化工作正在进行之中。

4 仿真平台的实现

4.1 系统框架设计

可扩展监控系统仿真平台系统结构如图 1 所示。在该仿真系统中,包含 5 台计算机,2 台为控制中心,3 台为子站,5 台计算机通过 10 M 以太网连接。

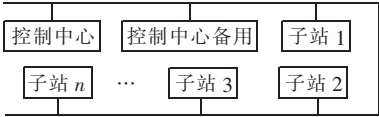


图 1 系统框架结构
Fig.1 System hardware framework

整个系统由控制中心、备用控制中心及各个子站构成。子站有本地和远程 2 种工作模式,类似于传统监控系统,同样设置了控制中心及其备用。控制中心接收各个子站发送的消息,对处于本地工作模式和远程工作模式的子站都可以进行监视,不同点在于控制中心及其备用和其他子站节点在系统中自作对等——在结构上是对等,在功能上潜在对等,即各个子站拥有升级为控制中心的能力。在需要时,系统中的子站可以升级为控制中心,实现控制中心的漂移^[8-10]。

4.2 系统软件结构

仿真系统软件结构如图 2 所示,包含界面组态和编辑、属性和逻辑控制、数据打包和解析、网络通信中间件、文件传输接收和波形仿真 6 个子系统。

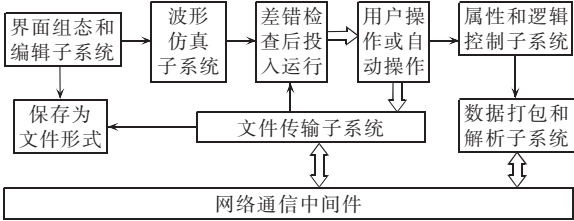


图 2 系统软件结构
Fig.2 System software structure

其中,界面组态和编辑子系统用于创建系统中所涉及到的设备元件库(监控对象),并且设置相关设备的属性。属性和逻辑控制用于实现系统在属性和逻辑上的有序操作。数据打包和解析子系统用于将属性和逻辑控制子系统产生的数据包进行打包,或者解析从网络中间件来的数据包。网络通信中间件子系统采用的是日立公司 NxDlink 网络中间件。文件传输是一个特别的数据打包和解析子系统,它用于系统自动地在子站和控制中心之间接收和发送电气接线图文件。波形仿真子系统用于给用户提供一个自动仿真波形环境。

4.3 仿真效果

基于 ADS 技术的可扩展监控系统仿真平台不仅满足了未来监控需求,还实现了 ADS 的许多特性。

4.3.1 在线可扩展性

若系统中有新子节点加入,在数据域中的所有节点都将接收这一信息,同时在控制中心也能看见此新节点的加入。

若在线节点(子站)突然因为网络故障退出了网络系统,系统所有节点都会得到这一信息,网络故障排除后,节点重新加入系统,会自动向控制中心发送自己最新的接线图文件,并尽力恢复故障前的状态。

4.3.2 在线可维护性

接线图文件可以在各个子站在线修改,修改后可以立刻上传到控制中心。在子站可以在线任意加入或者删除新的接线图,这些操作的同时系统都会为其分配或者回收相应的计算机资源。

4.3.3 在线容错性

假如控制中心主机发生故障,备用控制中心会自动取得控制权,升级为新的控制中心节点,同时系统中的其他节点也会重新确认新的控制中心节点,向它传输最新的接线图。当发生故障的原控制中心节点重新加入系统后,系统会自动接纳它,同时它也会确认新的控制中心。

在远程控制模式下的节点,当处于本地网络故障被系统孤立的情况下,本地节点会将自己升级为控制中心,并且由远程控制模式切换为本地控制模式。

在发生灾害时,普通节点可以通过请求应答的方式向控制中心请求成为控制中心,这样控制中心就可以自由漂移。

5 主要技术创新点

5.1 可在线动态扩展的系统结构

目前,广泛采用的是集中式结构和 C/S 结构。对于大规模轨道交通综合自动化系统而言,要求在不中断运行的条件下实现系统的在线扩展。集中式的体系结构已不能满足系统动态变化和扩展的要求,而 C/S 结构又存在着系统负荷过于集中在服务器方等问题。本文采用 ADS 体系结构解决系统在线动态扩展的问题是一项重大创新。

5.2 自底向上的系统设计方法

目前,系统设计大多采用自顶向下的方法,包括结构化设计和面向对象设计等方法。这些方法假定在设计阶段系统的结构、规模和功能是确定的。系统的扩展和变化,必将引起整个系统的变化。对于大规模系统而言,不可能一次设计、一次建成,需要分阶段地设计和建设实施。本项目采用自底向上,由子系统逐步构成整个系统的系统设计方法将大幅降低系统的设计、开发成本,增强系统的可维护性。

5.3 从系统防错到系统容错

目前的双机或多机冗余备用技术从根本上而言是一种防错技术,即防止错误的发生。在实际应用中,存在着成本高、防不胜防等问题。针对大规模轨道交通综合自动化系统的特点,采用 ADS 在线容错技术,实现模块级的容错,可降低系统容错成本的

50%,是真正意义上的容错。

5.4 面向工业控制的实时组件软件技术

软件组件技术是软件组件之间相互操作和通信的“软件总线”标准。目前,有 DCOM、CORBA、JAVA 等规范。基于 DCOM 的 OPC 标准和基于 CORBA 的 IIOP 引擎技术在监控系统中得到了一定范围的应用。但实际应用中,实时性等问题有待解决。本项目采用基于 ADS 的组件软件技术,可解决控制系统组件之间通信的实时性问题,同时也可实现系统级、节点级和模块级的在线扩展。

6 结语

通过仿真验证了本文的设计方案能很好地实现未来监控系统的各种先进特性,并且该仿真平台已投入到重庆轻轨的防灾报警系统的仿真工作中。由于该仿真系统采用的是完全分布式的体系结构,系统的进一步完善还面临很多难题,例如如何确保系统数据的一致性,控制中心的选举如何高效且没有二义性等。现在系统正在进一步的完善和改进中,对未来监控系统的开发和实现具有指导性意义。

参考文献:

- [1] 钱清泉. 电气化铁道微机监控技术[M]. 北京:中国铁道出版社, 2000.
- [2] 钱清泉. 监控系统理论研究[M]. 成都:西南交通大学出版社, 1997.
- [3] 盛寿麟. 电力系统远动监控原理[M]. 北京:中国电力出版社, 1998.
- [4] 史忠科. 大型计算机监控系统[M]. 北京:科学出版社, 1995.
- [5] MORI K. Autonomous decentralized software structure and its application[C]//IEEE Fall Joint Computer Conference. Dallsa, USA:IEEE,1986:1056-1063.
- [6] MORI K,MIYAMOTO S,LHARA H. Proposition of autonomous decentralized concept[C]//Trans IEEE of Japan ISADS Conference. Japan:[s.n.],1984:308-311.
- [7] AIZONO T,KAWANO K,WATAYA H,et al. Autonomous decentralized software structure for integration of information and control system [C]//IEEE Proc of Computer Software and Application Conference. Washington DC,USA:IEEE,1997:324-331.
- [8] MORI K. Autonomous decentralized system;concept,data field architecture and future trends[C]//Proceeding of ISADS 93. Kawasaki,Japan;IEEE Computer Society,1993:28-34.
- [9] 刘志刚,张友刚,钱清泉. 自律分散系统在电气化铁路监控系统中的应用研究[J]. 电力自动化设备,2001,21(10):18-20.
- LIU Zhi-gang,ZHANG You-gang,QIAN Qing-quan. Research on the application of autonomous decentralized system in electrified railway remote control system[J]. Electric Power Automation Equipment,2001,21(10):18-20.
- [10] TAN Yong-dong,QIAN Qing-quan. Autonomous topology recognize technique for transaction processing in heterogeneous autonomous decentralized systems[EB/OL].[2006-02-15]. <http://www.computer.org>.

(责任编辑:李玲)

作者简介:

桂 勤(1978-),男,贵州安顺人,博士,从事电力系统自动化方面的研究(E-mail:gretegui@163.com);

姚 兰(1980-),女,云南思茅人,硕士,从事测控技术研究;

钱清泉(1936-),男,江苏丹阳人,中国工程院院士,从事电力监控系统及其自动化方面的研究。

Simulation platform of extensible supervisory system

GUI Xun¹, YAO Lan², TAN Yong-dong¹, QIAN Qing-quan¹

(1. Southwest Jiaotong University, Chengdu 610031, China;

2. Chengdu University of Information Technology, Chengdu 610225, China)

Abstract: Aiming at defects of traditional supervisory control systems in system architecture, communication model and software techniques, a new scheme of supervisory control system is put forward, which adopts equality system architecture and publish/subscribe communication model and combines with ADS (Autonomous Decentralized System) technologies. The system design framework and software design structure are provided, including six subsystems: interface configuration and compiler, attribute and logic control, data packing and parsing, network communication middleware, file sending and receiving, and waveform simulation. A simulation system is developed on VC++ platform. Simulations validate that, the extensible supervisory system based on ADS technology possesses various advanced characteristics, such as online extension, online error-tolerance and online maintenance.

Key words: supervisory system; ADS; publish/subscribe; software bus; online extension