

• 计算机技术 •

水工业领域广域网络监控系统的最新模式研究

陈 运 珍

(北京市市政工程设计研究总院, 北京 100045)

摘要 从城市供水排水企业的厂站级和远程监控系统的现状出发, 提出了构建最新的广域网络监控系统要解决的几个关键问题, 为创建新世纪的中国水工业领域综合自动化最新模式提出一条新的思路。

关键词 水工业领域 Ethernet Internet WAN

On WAN based water utility telemetric and remote control systems

Chen Yun-zhen

(Beijing General Municipal Engineering Design and Research Institute, Beijing, 100045, China)

Abstract: Based on the knowledge on recent telemetric and remote control operations in urban water and wastewater systems, new concepts to establish WAN based telemetric and remote control systems are proposed in this paper. Problems, which should be solved, have been discussed and it is believed that this way will be feasible and very helpful to realize comprehensive automation of full water industry in this country.

Keywords: Water utility; Ethernet; Internet; WAN

当今的时代是一个数字化、网络化的时代。水工业领域的综合自动化也走过了几个重大技术变革的历程。供水和排水企业是城镇建设的基础, 供水系统和排水泵站越来越多, 系统越来越复杂, 管网象蜘蛛网一样遍布城乡各个角落。新老泵站自动化水平差别越来越大。水工业各领域(原水系统, 供水系统和排水系统)的基础设施亟需改造。建立广域网系统以及搞好广域网络监控的建设, 都将面临巨大的挑战。

1 城市水工业领域监控系统的发展历史和展望

1.1 发展历程

近 40 年来, 笔者参与了许多大中型给排水厂站的电气与自动控制的设计项目, 研究了国内外大中型城市供水排水调度系统的运行工况, 我国城市水工业领域的广域网络监控系统和厂站级监控系统经历了几次重大的技术变革。

20 世纪 80 年代初的监控系统, 以分立元件、集成电路(低级)为主, 系统功能简单, 均为手动按钮操

作。执行器, 变送器, 一次仪表笨重粗大, 功能少, 价格昂贵, 系统构成非常复杂。20 世纪 90 年代初, 出现了 PC 计算机, Windows 操作系统, PLC 可编程控制器, 图形显示功能低的数据库技术。近几年来, 由于计算机、通讯、网络高新技术的迅速发展, 水工业调度系统也发展到了新一代的水平。

随着水处理工艺流程由简单过程向大型化、连续化、复杂化方向发展, 控制系统由简单控制系统如 PID、串级、比值、前馈、后馈等发展到先进控制系统如多变量来水预测、神经元、模糊、鲁棒等控制和综合自动化系统如生产流程控制、管理、决策一体化。以计算机为主的控制系统也经历了 DDC(单机控制系统), DCS(集散控制系统), FCS(现场总线控制系统), CIPS(计算机集成过程控制系统)和 SCADA(监控与数据采集系统)的五个发展阶段。

近十年来, FCS 现场控制总线系统大量进入水工业各领域。FCS 系统具有数字化, 分散控制等特点; 采用一对 n 的连接方式, 可省去大量的 AI/AO,

DI/DO, PI/PO 中间模板, 用数字信号代替模拟信号, 在一根双绞线或一条电缆上可挂接多个现场设备, 节省了硬件投资和安装费用, 系统成本降低, 还曾一度被认为是未来控制系统的主要潮流。

1.2 DCS, FCS, SCADA 系统的不足

国际电工委员会(IEC)2000 年 1 月正式公布了 IEC61158 现场总线全部技术标准, 由于兼顾了各大公司的既得利益, 并没有实现标准的统一。在此标准中容纳了 8 种互不兼容的通信协议, 其开放性全分散控制仍存在许多问题, 有许多厂商不提供真正的开放平台。现场总线普遍采用的主从式层次的控制网络结构, 从所有现场设备到主控器的数据传输, 必需经过不同 CPU 和驱动软件, 结果是传输速度慢, 缺乏透明度, 软件和维修费用高, 控制器之间的垂直和水平通信非常困难, 所有控制器是“孤岛”, 独立于 Internet 之外无法集成, FCS 总线存在瓶颈问题。

FCS 现场控制总线技术对 DCS 控制系统无疑是一种重大挑战。但是, FCS 的功能模块比 DCS 少, DCS 灵活方便和丰富的组态功能也比 FCS 强, 在开关量与模拟量控制并存, 相互关系十分密切的控制系统中, 采用 FCS 就不方便了。

过去 25 年来, 包括北京、深圳、广州、上海、长春、成都在内的许多大中小型城市的自来水公司, 原水公司或排水公司都先后用贷款和 BOT 等方式建立了较先进的 SCADA 系统, 但它们的功能也远远没有达到设计的初衷, 主要问题有: ①不能对过程变量进行预测、趋势显示和记录; ②许多关键装置不能进行远控; ③不能对调度工程师感兴趣的数据进行存储; ④人机界面不够友好。网络功能差, 不能进行多媒体服务; ⑤系统对外通讯能力有限, 开放性差, 一般没有网络信息功能; ⑥扩展性差, 虽有双机热备, 但冗余性能差。

1.3 水工业领域广域网络监控系统的最新展望

水工业是一个典型的流程企业, 其控制系统应按其实际需要来分级, 包括: 公司调度中心监控级, 水厂厂站监控级和各车间现场监控级。所谓“信息层、管理层、控制层”或者“设备层、监控层、现场层”的种种分层都是不科学的, 或者说是唯理论性的。

水工业领域广域网络系统应满足“广域、实时、专用、便捷、主动”的要求, 应做到“实时在线监控, 通

信距离无限, 接口自动兼容”。它面临异常复杂的众多应用软件和支撑软件的建模任务, 使精确机理建模日益困难, 而要实施科学的综合自动化监控更是十分艰巨。科学的水工业广域网络优化调度监控系统, 就是要打破传统的 PLC, DCS, FCS, SCADA, GIS 系统的分工界限, 构成有机统一的现代综合自动化监控系统, 而创建最现代化的水工业领域广域网络系统的巨大动力是迅速发展的最新的网络技术、数字化技术、嵌入技术、虚拟化技术、Web 服务器技术等各种先进控制技术。当今“综合自动化”的内涵更深刻更广泛, 甚至可以包括我们的工作、生活、资金流、物流、财务结算、客户服务、运营管理、办公自动化等各个方面。

2 调度中心监控级的总体要求和主要设置

从专业角度看调度中心要具有管理信息系统 MIS(Management Information System), 公司内部各职能部门的办公自动化系统 OAS(Office Automatic System) 监控与数据采集系统 SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition), 地理信息系统 GIS(Geography Information System) 和可编程控制器 PLC(Programmable Logic Control)。

调度中心监控级的总原则是:

(1) 先进性和开放性。原则上要建符合国际标准的 Ethernet。可双环也可单环, 视规模容量大小而定, 便于将公司内部的局域网串联, 支持不同介质。和异构网络的互联和集成, 易于网络的扩充和升级, 易于网络管理平台统一操作。

(2) 有极强的实用性、可靠性和可操作性, 人机界面友好, 易于管理维护和发展, 实时准确地监测水源及各水厂、供配水管网压力、流量、浊度等。

(3) 网络的安全性和透明性, 即建“透明网络”。

(4) 建立强大的智能数据库。众所周知, 现代企业的目标是加快整个企业相关信息的传递、交流、共享和处理, 自动进行工作流程控制, 对市场、外部环境及企业内部生产、经营要素变化的迅速(实时)响应或反馈, 最大限度地减少等待时间和决策时间, 降低时间成本, 做到生产与供应“同步”, 经营与市场“同步”, 信息与经营“同步”, 这一切都说明要建立强大的智能数据库。其数据源是唯一的, 信息在线实时地更新和处理, 构成经营决策的大闭环控制。现

代流程企业是以数学和电子信息技术为基础,在快速准确的数字信息基础上,利用管理经济学和运筹学,建立智能化的数学模型。

(5)创建符合水工业领域广域网络监控系统的支持软件和应用软件。要建立的模块软件有:人机界面软件、数据预处理模块软件、通讯模块软件、历史趋势和实时趋势模块软件、智能输入输出模块软件、系统状态显示模块软件、仿真或模糊神经元控制模块软件、软测量模块软件、虚拟仪器仪表监测模块软件、远程数据库访问模块软件、报警模块软件、运营管理模块软件、音频视频管理模块软件、管网管理系统模块软件等。

(6)要双机群设置,工控机功能要强大,不仅要做到双机冗余,还要全面冗余。服务器软件采用动态容错技术,通过可靠手段保持双机的同步,数据互备,网络冗余,控制器冗余, I/O 冗余, I/O Server 冗余,操作站冗余。

(7)建立可互操作性的软件平台,可在 Windows NT 及互联网上直接用 Web 浏览器操作。在工控机上构建功能强大的基于 Internet/Intranet 技术构成的集成平台,客户端软件简单而统一。用户主要通过 Web 浏览器与工控机进行交互工作。

(8)信息采集高度集中,分散控制的原则。

3 厂站级监控系统要解决的几个关键问题

3.1 用交换式以太网(Ethernet)和 TCP/IP 协议来组建厂站级监控系统网络

以太网是当今信息网络领域应用最为广泛的局域网。流程企业控制领域需要一种高速价廉,实时性强,开放性好,可靠性高的网络。

工业以太网中,现场设备与交换机端口采用全双工通信线路,交换机内部实现了多对端口之间的并行交换,这样,彻底摆脱了 CSMA/CD 的限制,提高了信息传递的确定性和实时性。交换式以太网具有传输带宽高,网络容量大,组网方便等优点。同时,还支持虚拟网络,从而降低组网成本并提高网络灵活性。以太网电缆由早期的粗铜轴电缆发展到现在的双绞线电缆和光缆,大大提高了网络的传输速度和抗干扰能力,同时成本也大大降低了。

以太网与 DCS, FCS 等控制网络相比还具有下列优势:

(1)开放性好,几乎所有的编程语言都支持以太网的应用开发。以太网遵循的是 IEEE802.3 及 IEEE802.3U 系列国际标准,是最具有开放性的网络,其软硬件资源非常丰富。

(2)集成度高。基于 TCP/IP 协议的以太网控制网络,一方面可实现包括本地工控系统纵向的现场设备监控级在内的无缝集成;另一方面能方便地实现与 Internet(也遵循 TCP/IP 协议)互联。

(3)高带宽。FCS 现场总线一般传输速率为几十 kbps 至 1~2 Mbps,以太网的最低带宽都为 10 Mbps,目前百兆和千兆快速交换机已非常成熟,万兆快速交换机也已经问世和使用了。由于自来水公司和排水公司的厂站越建越多,随着大量现场仪表智能化的迅速发展,传输的数据量将大大增加,未来传输的数据可能不再满足于几个字节,甚至可能是网页,网络传输信息的高速度在水工业流程企业中将越来越重要。以太网的高带宽完全可以满足给排水系统各个层次网络的要求。

(4)成本低廉。FF 等现场总线网卡单价的 1 万多美元,而用以太网卡则在 20 美元以下。

(5)可持续发展潜力大。以太网能实现与管网 GIS 系统及远程的取水厂站或井群监控的 I/O 接点实现无缝连接,很容易跟 Internet 连接,可在任何地方用专用线,电话线, GSM 移动网或联通网通过 Internet 连接,进行厂站级的远程监控。

(6)能很好解决异构网络连接技术。水处理厂早些时候用了某种 FCS 现场总线,采用以太网作为现场设备之间的通讯网络平台,就可以进一步发挥 FCS 等现场总线的优势,又使现场总线技术不至于游离于计算机网络的发展主流之外。这一点是任何现场总线技术所无法比拟的。

3.2 解决好厂站级先进控制优化运行的问题

近年来,神经元网络技术、模糊控制技术、实时专家系统、仿人智能技术、基于神经元的模糊控制技术逐步运用于供水水量预测、最佳投药量控制、SBR 污水曝气量控制、变频调速优化控制、变频调速远程监控、水流量远程监测等。

(1)城市用水量预测监控。城市用水量预测模型采用传统的时间序列分析法难于实现在线预测。预测控制理论通过近 30 年来的逐步发展,已有许多

较为成功的建模方法和理论。预测模型软件由第一代的 DMC 到第二代的 QDMC, 第三代为 MPC, 主要有 IDCOM-M, RMPCT, SMCA 等软件包。美国某公司在 1996 年推出了 DMC PLUS 预测控制软件包, 该软件可处理大规模的工业流程, 准确地辨识过程数学模型, 并将过程控制在最优点上, 从而获得最高的产量、最小的能耗、最大的转化收率。水工业领域的水量预测也大量采用神经网络元加模糊逻辑控制, 理论上可近似任何连续非线性函数, 具有良好的局部逼近能力。

(2) 用模糊控制理论来改造 SBR 工艺流程控制。溶解氧控制是在曝气过程中控制其浓度为一完整值, 是工艺流程成功与否的关键所在。而污水处理具有生化反应复杂非线性, 检测困难是它最大的特点, 采用 PID 技术建模预测是没有什么效果的。滕州市污水处理厂采用 DO 模糊控制器控制溶解氧非常成功, 其超调和过度时间都远远小于常规的 PID 控制。其优点是调整量和振荡小, 过度时间短, 稳定性好, 抗干扰能力强。

(3) 净水厂最佳投药的先进控制。不同的净水厂站, 其水源水质差别很大, 浊度、温度、流量、pH, TOC(或 COD)等含量变化都很大, 采用固定 PID 调节控制投药是不可能达标的。哈尔滨某水厂利用神经元的理论建立了混凝投药系统的预测模型, 其预测模型是选定原水浊度、温度、pH、色度、流量和出水浊度 6 个主要参数为 6 个节点数, 输出层节点数就是出水浊度。在此模型的基础上, 通过 BP 优化算法, 就可实现混凝剂的实际最佳投加控制(见图 1 和图 2)。

3.3 建立智能化的功能完善的数据库

一个厂站级的给水、污水处理厂数据库是对整个处理厂的生产工艺流程参数、报警、报表的及时采

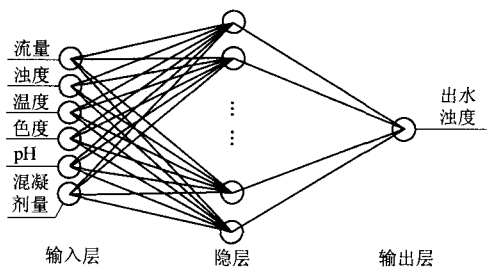


图1 出水浊度神经网络模型结构

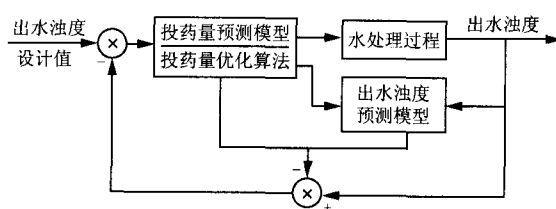


图2 最佳投药量预测控制系统

集记录、存储, 并为服务器处理工作站的数据存储、查询、统计和分析提供依据。还应具备特殊数据系统管理、数据备份、数据迁移、安全管制等功能。

国内给水、污水处理厂的监控系统基本上都在 Windows NT 上运行, 即采用 Client/Server(C/S)运行模式。通常采用的数据库有 SQL, MySQL, Interbase 等。数据库在监控系统中扮演“服务器”的角色。

作为监控系统的重要组成部分——数据库要为不同的应用系统服务, 可能工作在不同的网络平台上, 数据格式多种多样, 要方便地进行数据转换, 要定期对各类数据进行纠错处理, 保证数据完整性并及时传输到别的数据库中保存。只有建立基于 Web 方式的工业控制自动化数据库系统的强大的技术能力, 才能使广域网络监控系统具有强大的生命力。

3.4 仪器仪表要尽快虚拟化、网络化和智能化

现场测控仪器仪表, 加上与之配套的变送器、传感器和执行器是建立水工业领域公司级和厂站级监控系统的基础。20 世纪 80 年代初, 有专家就提出“软件就是仪器”的思想。虚拟仪器的核心思路, 就是利用计算机强大的资源优势, 使本来需要专用硬件实现的技术软件化, 以便最大限度地降低系统成本, 增强系统功能和灵活性。随着 IPC 技术发展, 国内外智能虚拟仪器(Intelligent Virtual Instruments, IVI)正在蓬勃兴起。用户可在各处的 Web 浏览器上自动生成仪器驱动器代码, 可自动完成各种流程工业现场状态的检查、自动诊断、自动修改编程; 可在强大的仿真功能支持下, 不必连接实际仪器仪表, 就可开发各种测试程序; 更可贵的是, 它可以结合专用集成电路(ASIC)优点和计算机相结合的可重构计算机, 对大量的可编程逻辑单元阵列(FPGA)作出灵活的相应配置, 还可通过流水线级甚至任务级的并行计算, 使运行速度达通用计算机的数百倍以上; 更可随机按需要高速、远程联系网络

上各类仪器。

网络化后的公司级、厂站级的水工业监测系统将每台在线计算机和各厂站级仪器仪表有机地联系在一起。如某一厂站采集数据后可按需拷贝多份送往各需要部门,或者定期将测量结果送往远方数据库保存,需要时可随时调用,即使身处异地的不同用户也可同时对同一过程进行监控。

接入广域网络上各处仪器仪表和计算机软硬件资源,其性能可能差别很大,然而一旦组成网络环境,就可对不同功能的计算机分配不同的任务,不同功能的仪器就可统一调用,从而使网络系统的性能达到最佳,不同用户可在网上任何地方进行数据采集、分析和在线修改。厂站级的以太网能把各种功能的计算机和各种功能的仪器仪表,最有效地连接到同一网络中或互联网上。

3.5 建立功能强大的城市管网信息管理系统

目前,许多城市建立的管网管理系统,还在沿用传统的管理信息系统(MIS)的思路,有的使用简单的图形系统或 CAD 系统来管理地形和管线数据,造成系统数据容量有限,运行速度缓慢。

一个功能强大、性能完备、在线实用的管网信息系统,要具备以下四个条件:必须有效管理和快速显示海量空间数据,自动生成各类高质量的图像;必须自动生成和管理拓扑关系;必须快速查询空间相关数据、空间网络分析和三维模型分析;必须提供多种空间在线的数据录入和输出。以上各种功能没有 GIS 技术的支持是天方夜谭。供水管网或排水管网信息系统必须是一个 GIS 地理信息系统的系统。

各种管线信息系统的各类数据中,最核心的是地形图数据和管线数据。数据量巨大,地形图有上万幅。要注意的是来自测绘部门的图形数据格式与现有的人工测绘或来自设计院的图形不同, GIS 管网系统应把这些数据转换成广域网络监控系统能管理的格式。还要注意, GIS 地图库是采用先进的接边算法和索引机制将物理上分离的单个图幅变成逻辑上的有机统一体。当显示和查询到某个地区某个图幅时,系统能快速自动调出相应文件,看到相关数据,做到最快决策处理。

4 广域网络系统集成

过去构建的 SCADA 系统,一般需要通过拨号方式登录远程服务器,这种方式对远程监控来说,带来高额的国内甚至国际长途电话费用,使用成本太高,进行新的拨号登录前要等到 Modem 复位之后才能进行,工作效率低,也无法做到同时监控多个不同对象。当系统发生故障时,直接拨号就不能接通,事故紧急报警也不能进行,其通道可用性不高,靠 Modem 连接的速度只有 19 kbps 左右,传输速度太慢,无法满足数据量大量增长的需要。

实际上,水工业领域广域网络的远程监控,利用互联网技术就非常简化了。调度中心公司级和所有厂站级监控系统都是用以太网组成的局域网(LAN),都遵循 TCP/IP 通信协议,见图 3。

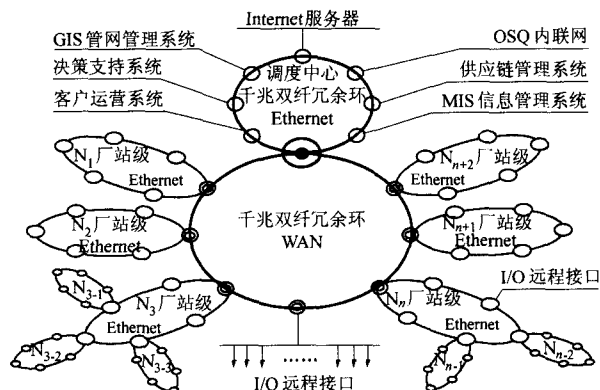


图 3 水工业领域 WAN 拓扑结构

互联网技术为水工业领域提供了快捷经济的远程监控方式,而以太网技术的迅速发展使得水工业领域的广域网络监控系统变得越来越简单,建网成本越来越低廉,可靠性越来越高,功能越来越强大、监控速度大大提高。基于 TCP/IP 协议的以太网贯穿于公司系统,从各职能管理层部门到每个厂站级的各个层次、数以万计的现场设备,可极快地直接通信,实现企业控制、管理信息的无缝集成。可以在一根线上同时传输数据、语音和图像,可以同步运行监控软件和各种编辑软件、实现远程修改程序参数,可多点同时对一点进行监控,当多个用户同时向调度中心发出故障等信息时,不存在“忙音”问题。

★电话:(010)66416866-679

收稿日期:2003-10-16