

基于 IEEE1451 的智能监控系统数据交换技术

叶廷东^{1*}, 黄国健², 洪晓斌³

(1. 广东轻工职业技术学院 计算机工程系, 广州 510300; 2. 广州市特种机电设备检测研究院, 广州 510180;

3. 华南理工大学 机械与汽车工程学院, 广州 510640)

(* 通信作者电子邮箱 yuetd@163.com)

摘要:针对物联网技术应用发展和监控系统数据统一建模的需求,在 IEEE1451 标准的架构下,设计一种具有传感器即插即用、IPv6 数据通信功能的智能监控系统结构,并利用 UML 建模实现从工业底层传感器、智能监控节点到远程监控应用的网络数据流的动态描述,完成 XML 通用数据交换接口的设计。将智能监控系统应用于乙醇生产流程工业中,结果表明:基于 IEEE1451 标准,运用 XML 数据交换技术,实现了监测数据的准确、高效传输,数据交换时延约 0.51 ms,可满足应用系统的开放性、跨平台和网络化实时监测应用的要求。

关键词:智能监控系统;IEEE1451;可扩展标记语言;数据交换;物联网

中图分类号: TP399 **文献标志码:** A

Data exchanging technology research of intelligent measuring and control system based on IEEE1451

YE Tingdong^{1*}, HUANG Guojian², HONG Xiaobin³

(1. Computer Department, Guangdong Industry Technical College, Guangzhou Guangdong 510300, China;

2. Guangzhou Academy of Special Equipment Inspection, Guangzhou Guangdong 510180, China;

3. School of Mechanical and Automotive Engineering, South China University of Technology, Guangzhou Guangdong 510640, China)

Abstract: With regard to the requirement of Internet of Things (IoT) application development and the data unification-modeling requirement of Measuring and Control System (MCS), the paper designed a MCS structure based on IEEE1451 standard, which had sensors plug-and-play and IPv6 communication functions. The paper realized dynamic description of network data flow from underlying sensor, intelligent measuring and control node to remote monitor and control application by UML modeling, and finished a general XML data-exchanging interface design. The designed MCS was applied in the process industry of ethanol production. The application results show that it realizes accurate and efficient transmission by using XML data exchanging technology based on IEEE1451 standard. Its data exchanging delay is about 0.51 ms, which can satisfy the requirements of openness, crossing platform and network real-time monitoring application.

Key words: measuring and control system; IEEE1451; eXtensible Markup Language (XML); data exchanging; Internet of Things (IoT)

0 引言

随着物联网信息时代来临,监控系统的应用领域越来越广泛,面对的对象也日益复杂,监控系统正朝着智能化、网络化、通用性的方向发展。由 IEEE 传感技术委员会和美国国家标准技术研究所 (NIST) 联合制定的 IEEE1451 智能变换器接口系列标准,致力于传感软件应用的可移植性、传感应用的网络独立性、传感器的互换性^[1-2];基于 IEEE1451 标准的智能监控系统,可实现应用的标准化,满足系统的通用性要求,它可把系统数据获取方式、分布式传感与控制提升到一个更高层面。

目前针对网络化监控还没有全面、统一的数据传输规范,各生产厂家的监控设备、网络传输设备、工控设备等所采用的数据封装格式、编程语言和系统平台都相差甚远,基本属于各自为战的状态,严重阻碍了监控数据资源的信息共享,成了监控网络信息集成的瓶颈^[3],不符合物联网技术应用的发展趋势。解决问题的关键在于统一各个监控系统的数据交换接口,

即需要规范监控系统数据的封装格式。可扩展标记语言 (eXtensible Markup Language, XML) 在元数据的描述上具有生产商中立特性、平台独立性、低开销和易用性等特点,并逐渐成为 Web 元数据标准,已经成为网络信息表示、交换和存储的重要手段^[4]。当前国内外学者针对监控系统 XML 数据交换技术做了比较深入的研究,如文献[4-5]从通用性的意义上描述测控系统跨平台数据交换思想,并设计了一种 XML 数据交换接口,分析了 XML 信息流及实现策略;文献[6]则针对环保监测系统提出了一种基于 XML 的环保数据传输方案;文献[7-9]则从工厂、企业级信息共享、管理的角度研究了 XML 信息表示与集成技术,未涉及底层监控节点和传感器;文献[10]则利用 XML 仅研究了不同频谱监测系统之间监测命令和监测数据的交换技术;文献[11]结合 IEEE1451.4 传感器标准和 XML 设计了一种网络化传感器系统,但未对 XML 信息流和 XML 数据交换设计展开讨论研究。为此,本文将针对物联网技术应用的需求和 XML 数据统一建模,在 IEEE1451 标准的架构下,研究面向通用性要求的涉及整个智能监控系统的 XML 数据流动态描

收稿日期:2012-10-15;修回日期:2012-12-11。 基金项目:广东省自然科学基金资助项目(S2012040007521)。

作者简介:叶廷东(1976-),男,江西南康人,讲师,博士,主要研究方向:网络化检测与智能传感; 黄国健(1981-),男,广东清远人,工程师,博士,主要研究方向:智能传感; 洪晓斌(1979-),男,广东潮州人,副教授,博士,主要研究方向:网络化测控与仪表。

述方法和 XML 数据交换技术。

1 智能监控系统结构

如图1所示,智能监控系统由智能监控节点、Web 服务器、现场工作站和远程监控台组成。其中 Web 服务器采用 Tomcat6.0,检测数据库则采用 SQL Server 2005 关系数据库。整个监控系统基于 C/S 模式、采用 JSP 开发,JSP 与后台数据库的连接方式采用 JDBC-ODBC (Java DataBase Connection-Open Database Connectivity) 桥。由于 JSP 具备 Java 技术的简单易用、完全面向对象、与平台无关及安全可靠的特点,使用 JSP 开发的监控系统具有良好扩展性、安全性及系统兼容性,通过 Internet,可实现远程监控及数据大范围共享,为身处异地的管理者或专家决策提供数据支持,满足工业物联网应用需求。

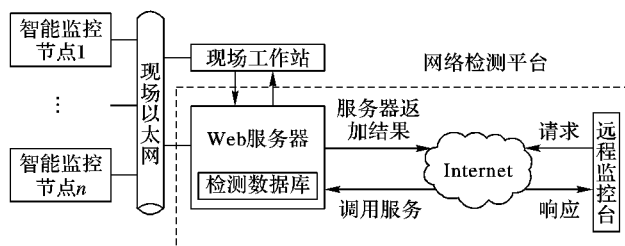


图1 智能监控系统物理结构示意图

图2为基于 IEEE1451 的智能监控节点原理图,智能监控节点以 DSP 和 ARM 芯片为核心,其中智能变送器接口模块 (Smart Transducer Interface Module, STIM) 功能由 DSP 芯片完成,STIM 模块用于连接传感器,其包含的变送器电子数据表格 (Transducers Electronic Data Sheet, TEDS) 用于执行传感器的关联、配置、数据采集,并负责向网络应用处理器 (Network Capable Application Processor, NCAP) 模块传输数据与状态信息;一个 STIM 最多能够支持 255 通道的传感器;系统在 STIM 中参考 IEEE 1451.4 混合模式智能变换器通信协议^[12],通过使用混合模式接口,支持模拟接口对现场监控节点测量和对 TEDS 的读写,实现传统模拟传感器的即插即用。NCAP 模块的功能由 S3C4510B 型 ARM 微处理器来完成,NCAP 模块包括校正引擎、数据存储模块和网络通信接口等,在运行中装载嵌入式系统,执行传感数据的校正与远程终端通信等。

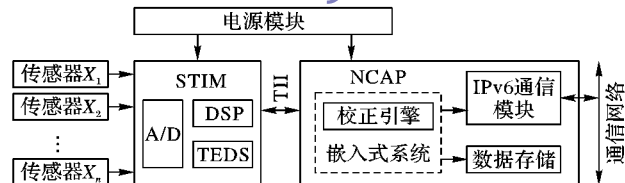


图2 基于 IEEE 1451 智能监控节点原理框图

NCAP 与 STIM 模块间通过变送器独立接口 (Transducer Independent Interface, TII) 实现短距离数据的同步传输,其中 STIM 作为 NCAP 存储设备,通过相应功能地址完成数据读取和功能实现,如 NCAP 通过读取 TEDS 中校正参数,可完成传感检测信息的自校正功能,因此通过规范 TII 模块,可统一模型中的不同传感器接口,为整个监控系统的设计与维护带来方便。

IEEE1451 智能监控节点的 S3C4510B 型 ARM 微处理器具有丰富的外围电路,它融合了嵌入式微因特网技术 (Embedded Micro Internet Technology, EMIT),可方便实现 Internet 互联。智能监控节点结合嵌入系统技术,将

S3C4510B 型芯片与 Intel 网络通信芯片 LXT971 连接,然后由网络隔离变压器 H1102 和 RJ45 接口可构成符合 IEEE802.3 标准的 IPv6 网络通信应用^[13],以适应物联网环境的监控需求。

2 XML 数据交换技术

2.1 XML 数据流动态描述

有效实现无障碍的跨平台数据交换是网络化监控系统的一个关键内容。根据图1的智能监控系统结构分析,监控系统的 XML 数据交换流可分为现场监控、远程监控两个模块层。在现场节点监控层,各智能监控节点作为该层数据处理中心,通过 NCAP 的 IPv6 网络接口与监控系统现场工作站进行数据交换,并将监测数据上传到监控系统数据库中,考虑现场传输的实时检测数据有时比较大,智能监控节点与智能监控节点、智能监控节点与 Web 服务器之间的 XML 数据均采用简单 Telnet 协议进行传输在远程监控层,通过设置 Web 服务器来实现对现场监测数据的远程监控。Web 服务器为远程监控层数据处理中心,接受来自远程网络浏览器的请求,经权限验证和信息处理,将响应数据信息反馈回远程终端。该层的 XML 数据选择 Internet 上的 HTTP 协议传送。

为描述远程监控用户从智能监控节点 STIM 中的特定通道读取传感检测数据的完整通信动态过程,建立了图3所示的监控数据通信统一建模语言 (Unified Modeling Language, UML) 动态描述图。关联的传感器 (变送器)、执行器视为 STIM 的一部分。从图3可知,监控数据通信过程的参与者包括用户、远程终端、关联的传感器 (变送器) 等。远程监控用户通过 Get_parameters() 获取所需传感通道参数,开启监控数据通信过程,并向网络提交通信请求;远程主控端通过网络向监控节点 NCAP 发送 Read_transducer_data() 请求,读取传感信号;NCAP 响应请求并对请求进行分析,然后通过 IEEE 1451.0 或 IEEE 1451.1 协议,由 Send_request() 向 NCAP 的 TII 接口发送读监控数据指令;NCAP TII 接口获取指令将其发送到 STIM;STIM 的 TII 接口接收、分析请求后,选择所对应的 IEEE 1451.x (x 表示 2~7) 子协议,向关联传感器 (变送器) 下达通信指令;IEEE 1451.x 应用层用 Read_msg() 指令以有线或无线方式,向所连接传感器读取数据;传感器响应指令由 Get_sensor_data() 获取监控数据,并向上返回应答信号;监控数据经 STIM 由 TII 接口逐级向 NCAP 传输,通过 NCAP 网络接口返回主控端,完成一次监控信号通信过程。

由以上 UML 动态描述图,可比较完整地描述智能监控系统各部分工作时各种动态顺序行为以及监控节点组成对象间交互关系,为实现智能监控系统 XML 数据交换奠定基础。监控系统利用 UML 到 XML 的转换,使用 XML 结构化数据方法,可实现从工业底层监测传感器、智能监控节点,到高级别的工业企业应用程序 (如企业级远程监控) 的纵向信息集成,有利于 IEEE1451 智能传感器中 TEDS 结构化数据的配置^[14]和企业级数据共享。

2.2 XML 数据交换接口

在监控系统中,XML 数据作为系统信息传递的介质,是通过 XML 数据交换接口传送到目的地,完成系统数据交换过程。XML 数据交换接口包括 XML 数据建模与 XML 文档解释两部分。

2.2.1 XML 数据建模

为保证监控系统生成的 XML 数据文档在接收端解释的

准确性和可靠性,需通过 XML 数据建模,构造整个监控系统数据结构框架,实现 XML 文档结构和系统行为的统一。基于监控数据通信的 UML 动态描述图,利用 UML 图形化技术进行 XML 数据建模。

先用 UML 对系统业务模型进行需求细化,得出 UML 用例图(概念建模),进一步基于 UML 类图数据模型明晰所包含的框架内容,同时通过 UML 对象模型与 XML Schema 的映射,确定 XML Schema 对象逻辑关系,依据映射原则,最终得出系统的 XML Schema 结构,并以此作为 XML 文档验证与生成模板,生成 XML 文档,完成 XML 数据建模工作。

针对监控系统中的各种数据,按照数据的 XML 建模方法将其创建一个类。例如,对测量数据可先按 UML 建模方法创建 XML 文档,然后为它创建一个类 Data,主要由 Name, Value, Time, Warnvalue 属性构成。其中:Data 表示测量数据类型,如“温度”;Value 表示测量类型值;Time 表示测量时间;Warnvalue 为超限警报设置值。数据封装后,就可将相应生产的 XML 文档用于信息传递或者存入数据库中。

2.2.2 XML 文档解释

XML 文档解释是指 XML 文档到达目的地后,将 XML 文

档转换成接收模块能够理解、处理的格式。系统采用通用的 XML 解释模块 DOM(Document Object Model)来完成 XML 解释工作,DOM 是 WWW 的标准接口规范,在应用中,基于 DOM 的 XML 解释器将一个 XML 文档转换成一个对象模型集合(通称为 DOM 树),应用程序则可通过对 DOM 树的操作,实现对 XML 文档数据的数据,具有面向对象、使用方便的特点。监控系统借助类包 javax.xml.parsers.org.w3c.dom 实现 XML 文档向 Document 树型数据的转换:

```
Static Document document;
DocumentBuilderFactory
factory = DocumentBuilderFactory. new Instance( );
DocumentBuilder builder =
factory. newDocumentBuilder( ); //创建 DOM 解释器
Document = builder. parse ( new File (ruleEntry. xml) );
//取得 XML 的内容树
Element Root = document.getDocumentElement( );
//取得结构树的根节点 root
...
```

通过上述语句,可以将监测数据、监控策略等的 XML 文档转换为树型结构数据,再由后台应用程序对数据进行相应的处理。

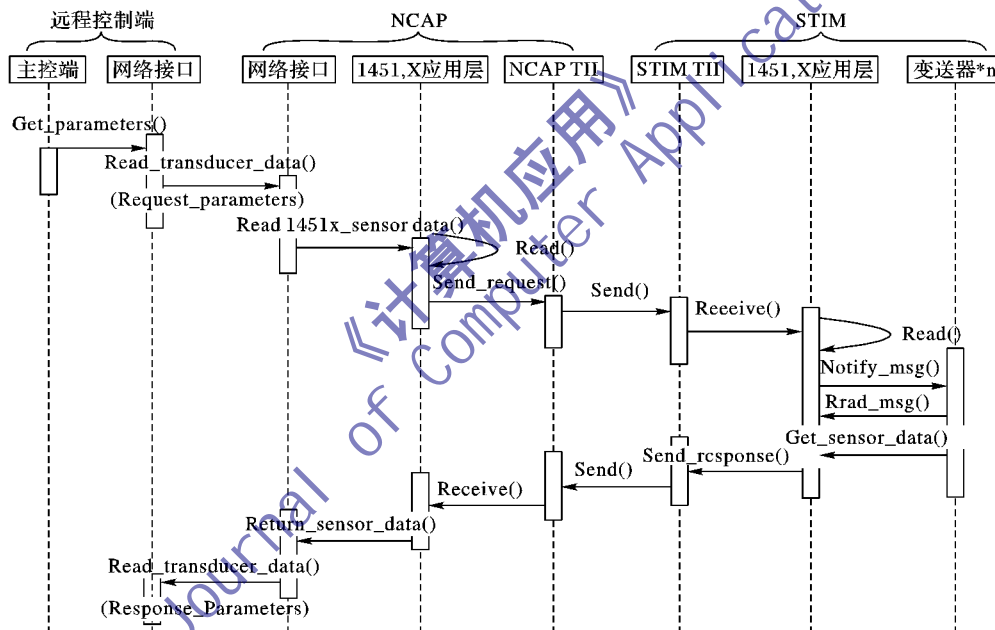


图3 监控数据通信 UML 动态描述图

3 应用与分析

为了验证基于 IEEE1451 的智能监控系统数据交换技术的有效性,将研究的智能监控系统应用在乙醇生产这一典型的流程工业中,以实现工艺优化控制,降低生产排放物中乙醇含量,节省原材料,提高生产效率^[15]。监控系统设备包括温度传感器、湿度传感器、乙醇浓度传感器和基于 IPv6 的网络监控节点装置。监控系统监测发酵过程中温湿度、乙醇浓度,通过开启冷却水泵来降温,自动控制发酵过程的进、出料,来实现理想的发酵温度和发酵酒精含量监控。监控系统 XML 数据跨平台交换的主要流程为:

1) 远程用户指令通过监控系统编译后,利用 XML 数据建模方法转成 XML 文档,传送到指定的现场监控节点;测控节点通过 XML 解释模块解释 XML 文档,并执行文档中的指令;

2) 系统中智能监控节点根据请求执行相关指令,获得现场监控数据后,系统软件依据 XML 数据建模方法,将 UML 对

象模型映射到 XML Schema,如图 4 所示。图中 UML 对象模型中的 DataSources 与 Datatem 各类的关系、各属性类型及其数据类型,与 XML Schema 元素节点得到一一对应。通过系统中的 XML Schema 结构图,可给设计人员和测控系统提供直观统一认识平台,生成现场监控的 XML 数据文档,然后上传到监控系统软件中。

3) 监控系统软件接收到的现场监控 XML 文档后,用 DOM 对文档进行分析解释,然后实时显示监控结果。同时系统软件利用 OPEN XML 将监控数据存储在 SQL 数据库当中。

图 5 为 IEEE1451 智能监控系统现场运行图,现场监控运行结果表明:在现场监控终端节点液晶屏上显示的监控参数和远程监控台显示的读数一致,说明数据发送和接收两端对基于 XML 的测控数据能够正确地生成和解释,数据间实现了准确无误交换。

智能监控节点作为现场监测的关键环节,其数据交换的

时延决定了整个乙醇浓度智能监控系统的实时监控性能,为此将智能监控节点通过网络接口接入 PC 机,采用 ARM 芯片 CPU 时钟产生时间戳的方法^[16],对从传感器数据检测到智能监控节点网络接口的数据交换时延进行测试。在开始监测时

数据交换时延较大,因为此时节点需要处理 PC(监控终端用户)的监控请求。待所有处理请求后,随着节点的稳定运行,其时延基本稳定在 0.51 ms 左右,具有良好的数据交换效率,可满足网络化监控实时性的要求。

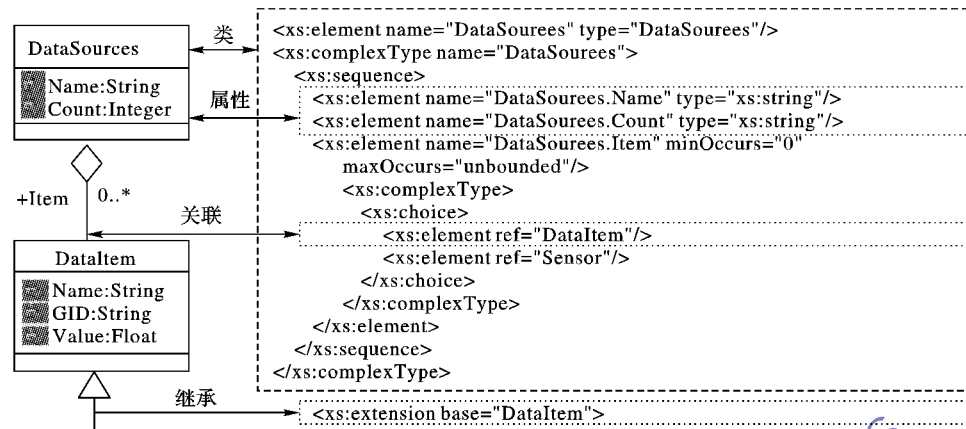
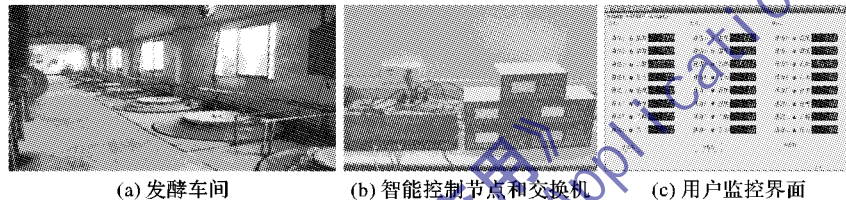


图4 UML对象到XML Schema的映射



(a) 发酵车间

(b) 智能控制节点和交换机

(c) 用户监控界面

图5 基于IEEE1451的乙醇浓度智能监控系统现场运行图

4 结语

随着经济的发展,智能监控系统已广泛应用于工农业自动化各领域。基于IEEE1451标准架构设计研究智能监控系统,可实现传感接口标准化与统一,实现传感器的互换、互操作性,可降低监测系统开发成本,满足物联网应用的需求。

开发基于XML的监控系统通用数据交换接口,通过智能监控系统数据交换的统一,可实现准确、高效的数据传输和系统数据交换的结构化,满足监控系统的开放性、跨平台性和实时性要求,可实现监控系统与商业化信息网络的无缝集成,也为将来实现监控系统与专家系统、信息共享系统等异构信息平台的交互打下基础。

参考文献:

- [1] LEE K. IEEE 1451: a standard in support of smart transducer networking[C]// Proceedings of the 17th IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference 'Smart Connectivity: Integrating Measurement and Control'. Baltimore, MD, USA: IEEE, 2000: 525-528.
- [2] IEEE Std1451.0-2007, IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators - Common Functions, Communication Protocols, and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats[S]. [S.l.]: IEEE, 2007.
- [3] 郑荣茂,刘桂雄,罗永顺.面向对象元数据技术的产品质量信息描述[J].现代制造工程,2009,12(6):18-22.
- [4] 刘桂雄,洪晓斌,刘敬光,等.基于XML的IP智能测控系统跨平台思想的实现[J].制造业自动化,2006,28(4):4-7.
- [5] 洪晓斌,刘桂雄,吕艺行,等.以太网智能测控系统的XML数据交换接口设计[J].华南理工大学学报:自然科学版,2006,34(7):55-59.
- [6] 章慧峰,陈立定.基于Linux和XML的环保数据传输技术[J].计算机工程与设计,2010,31(1):195-198.
- [7] 杨徽,王汝琳,齐莹素,等.基于实时数据库与XML的企业信息共享平台研究[J].微计算机信息,2004,20(9):101-103.
- [8] STROMBACK L, FREIRE J. XML management for bioinformatics applications[J]. Computing in Science & Engineering, 2011, 13(5): 12-23.
- [9] EL-HASSAN F, IONESCU D. SCBXP: an efficient CAM-based XML parsing technique in hardware environments[J]. Parallel and Distributed Systems, 2011, 22(11):1879-1887.
- [10] 杨辉,龚晓峰,武瑞娟.基于XML的频谱监测系统数据交换接口设计[J].计算机应用,2007,27(6):313-315.
- [11] 皮丽娟,程健.基于IEEE1451.4和XML的网络化传感器系统[J].自动化与仪表,2007,22(1):28-32.
- [12] IEEE Std1451.4-2004, IEEE Standard for a Smart Transducer Interface for Sensors and Actuators-Mixed-Mode Communication Protocols and Transducer Electronic Data Sheet (TEDS) Formats[S]. [S.l.]: IEEE, 2004.
- [13] 李晓鹏,刘桂雄,洪晓斌.基于IPv6的嵌入式智能测控装置通信接口设计[J].制造业自动化,2007,29(7):50-52.
- [14] LEE K B, SONG E Y. Object-oriented application framework for IEEE 1451.1 standard[J]. IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 2005, 54(4): 1527-1533.
- [15] JIMENEZ F, VAZQUEZ J, SANCHEZ-ROJAS J, et al. Multi-purpose optoelectronic instrument for monitoring the alcoholic fermentation of wine[C]// Sensors Conference. Limerick, Ireland: IEEE, 2011: 390-393.
- [16] 湛华金,罗双喜,何佳洲.利用CPU时间戳实现局域网时间同步的新机制[J].计算机应用,2009,29(11):2920-2924.