

海洋水环境网络化智能监测系统的建模设计研究

叶廷东^{1,2}, 程韬波¹, 周松斌¹, 李 昌¹, 彭选荣²

(1. 广东省自动化研究所, 广州 510070; 2. 广东轻工职业技术学院 计算机工程系, 广州 510300)

摘要: 针对海洋渔业养殖水环境健康监测的多参数检测与快速设计的需求, 基于 IEEE 1451 标准框架, 开展混合标准模式下的网络化智能传感系统的建模设计研究; 论文从监测系统的静态功能分析出发, 建立多参数监测系统模型架构图, 然后利用监测系统传感器用例模型图, 通过 TEDS 的合理配置, 完成不同传感器的初始化、参数配置和传感信息校正, 实现传感器的即插即用, 可为传感器接入、维护带来很大便利; 通过海洋渔业水环境监测系统的构建, 验证了该监测系统建模设计方法的有效性和必要性, 可减少 35% 的研发设计时间。

关键词: 智能监测系统; 海洋水环境; 建模设计; IEEE1451; 即插即用

Modeling and Design Research of Network Intelligent Monitoring System About Marine Water Environment

Ye Tingdong^{1,2}, Cheng Taobo¹, Zhou Shongbing¹, Li Chang¹, Pen Xuanrong²

(1. Guangdong institute of automation, Guangzhou 510070, China;

2. Computer Department, Guangdong college of industry technology, Guangzhou 510300, China)

Abstract: In order to meet the demand of multi-parameter measurement and rapid design in the health monitoring of marine water environment, the paper carries out modeling and design research of network intelligent monitoring system under mixed standard mode based on IEEE1451 standard frame. The paper establishes an architecture diagram of multi-parameter monitoring system model by the static functional analysis, then it establishes a sensor use case diagram of monitoring system, and realizes initialization, parameter configuration and sensing information correction of different sensors, the realization of the sensor plug and play function can bring great convenience for sensor access and maintenance. By the design of marine water environment monitoring system, it verifies the validity and necessity of the modeling and design method of monitoring system, it decreases 35% design time.

Key words: intelligent monitoring system; marine water environment; modeling and design; IEEE1451; plug and play

0 引言

对海洋渔业水环境健康进行检测、预警及预防, 可快速评估海洋渔业水污染灾害, 最大程度降低其危害性, 提高渔业养殖的经济效益。海洋渔业养殖水环境监测涉及风速、风向、气温、气压、水温、雨量、盐度、溶解氧和 pH 值等多参数的检测, 以及低功耗、高可靠性和稳定性的通讯集成技术, 是一个典型的物联网监测应用系统, 可以利用网络化智能传感系统建模方法, 对传感系统的基础功能、核心服务、功能部件及相互关系等进行抽象描述, 以实现智能传感系统的快速构建与开发。

目前主要的传感系统建模设计方法有: 面向对象的统一建模语言 (Unified Modeling Language, UML) 建模^[1]、传感器建模语言建模^[2-4]、设备描述语言建模^[5-7]、Petri 网建模^[8-9]等。其中基于 IEEE1451 框架的面向对象传感系统建模设计方法可支持系统全过程开发, 为复杂智能传感系统建模提供全面

解决方案, 如美国国家标准技术研究所 Kang Lee 等采用 UML 构建了基于 IEEE 1451 智能传感器模型, 并基于该模型搭建的污水治理系统验证建模方法有效性^[10]; 华南理工大学的研究小组利用面向对象方法用例建模、顺序描述和系统部署 3 个层面构建 IEEE1451 智能传感器系统模型, 并开展了智能传感器的构建应用, 减少开发时间^[11]。为此, 论文围绕 IEEE1451 标准框架, 研究一种混合标准模式下的网络化智能传感系统建模设计方法, 实现海洋渔业养殖水环境监测系统的快速构建。

1 IEEE1451 智能传感器系统模型架构

IEEE 1451 传感器与执行器的智能变换器接口系列标准, 是目前国际通用的智能传感器标准之一^[12-13]。它定义了如图 1 所示的标准化接口。海洋渔业水环境监测系统涉及众多参数的检测, 传感接口多样, 是一个典型的多输入多输出系统, 为此系统将在 IEEE1451.0 标准下, 采用 IEEE 1451.4 数字和模拟信号混合模式接口, 开展系统模型架构的设计, 将传感器以“即插即用”的方案连接到监测网络中。

拟设计的实际系统模型将在 IEEE1451.0、IEEE 1451.4 混合标准模式下进行。根据项目需求, 先对传感监测系统静态功能分析: 要对海洋水环境进行准确预测评估, 需要监测气象环境参数 (风速、风向、气温、气压、雨量等)、水质参数 (水温、盐度、溶解氧和 pH 值等), 这些监测参数关联的

收稿日期: 2014-01-06; 修回日期: 2014-02-28。

基金项目: 中国博士后科学基金项目 (2013M542157); 广东省自然科学基金项目 (S2012040007521); 广东省科技计划资助项目 (2012B010100059, 2011B031200002, 2011B020401011); 广州市科技计划项目 (2013J4100077)。

作者简介: 叶廷东 (1976-), 男, 博士后, 主要从事新型传感技术与无线传感网络方向的研究。

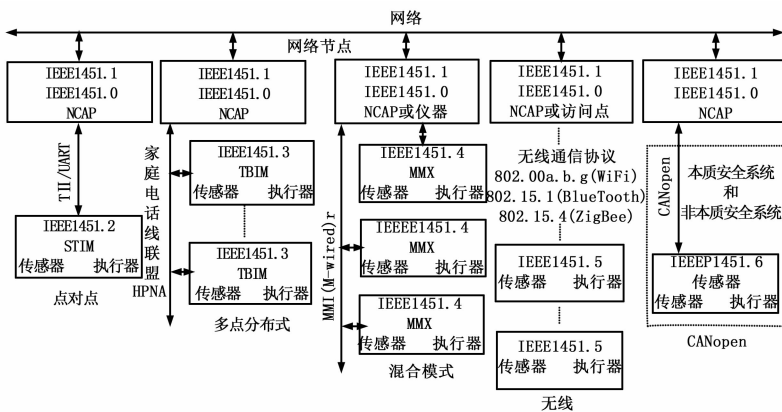


图 1 IEEE 1451 系列标准接口图

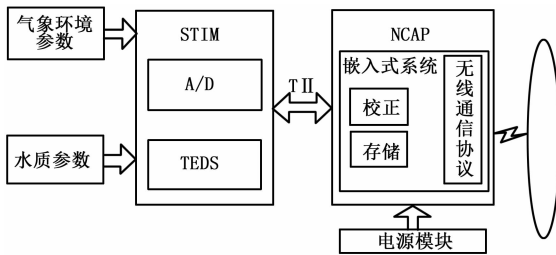


图 2 IEEE1451 海洋渔业水环境监测系统模型架构

传感器涉及模拟或数字信号，且某些检测参量之间存在相互影响，需要对信号进行解耦校正。由于海洋环境的特殊性，监测节点需要在无人环境下工作，需要使用无线通信方式，因此在传感器鲁棒性、无线通信可靠性、电源保障方面要额外考虑。根据以上的静态功能分析，结合 IEEE1451 标准框架，可以建立如图 2 所示的 IEEE1451 海洋渔业水环境监测系统模型架构。图中 STIM (Smart Transducer Interface Module) 模块基于 IEEE 1451.4 标准设计，用于检测海洋渔业养殖的气象环境参数和水质参数，并用 TEDS (Transducers Electronic Data Sheet) 来实现传感器的即插即用。NCAP (Network Capable Application Processor) 模块基于 IEEE1451.0 标准设计，用于解耦校正、数据存储和网络通信等，它在运行中通过装载嵌入式系统实现。NCAP 与 STIM 模块间通过 TII (Transducer Independent Interface) 接口实现短距离的数据通信。从图 2 可知，所设计的系统模型架构具有多传感、自校正、存储和无线通信等功能。

2 监测系统传感器的即插即用

IEEE1451 网络化智能监测系统设计，其中一个重要的关键步骤是传感器即插即用功能的实现，通过实现众多传感器的自动识别、配置、数据采集和信息校正，可大大减少系统构建时间。

由上述海洋渔业养殖水环境监测系统的功能分析，可根据 IEEE1451.0 标准，建立如图 3 所示的传感器用例模型图，图中传感器通过 TEDS 配置，实现数据采集、数据校正，然后对校正数据进行压缩后与网络进行通信，以节省无线通信流量与能耗。从图中可以看出 TEDS 配置是整个监测系统的核心，借助 TEDS 的合理配置，可完成风速、风向、温度、气压、雨

量、盐度、溶解氧和 pH 值等不同类型传感器的识别、参数配置、数据采集、数据校正，实现传感器的即插即用，同时网络数据包的压缩、封装等也都靠 TEDS 中保存的数据来协调和统一指挥。各个传感器的 TEDS 信息可以分别通过网络和本地操作进行在线设置和更改。用例图 3 采用 IEEE 1451.0 标准建模，使其涵盖 IEEE 1451. x (x=1-7) 乃至后续子标准，保证系统的扩展性^[14]。

TEDS 配置环节是整个监测系统模型核心与关键。图 4 为 IEEE 1451.0 标准下系统的电子数据表格 TEDS 构成框图，为了扩展的需要共定义了以下几种数据类型，其中 Meta TEDS 用于描述通道组信息、TEDS 的数据结构等，Channel TEDS 用于描述传感通信通道，主要包括检测对象范围的上下限、

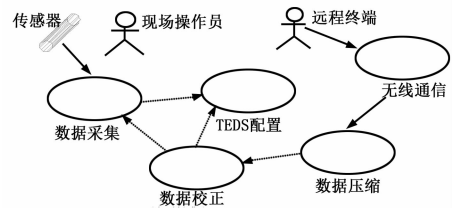


图 3 渔业水环境监测系统传感器用例模型图

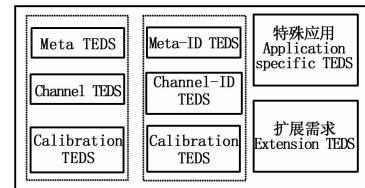


图 4 电子数据表格 TEDS 构成框图

物理单位、不确定性、数据模型、启动时间、触发参数和自检结果等，Calibration TEDS 用于校正信息，利用 NCAP 校正引擎使用设置的 TEDS 校正系数实现对传感原始数据的校正，其校正模型参数的选择和确定，需要根据实际传感模型、校正方法效率和能耗等方面综合考虑。而 Application Specific TEDS、Extension TEDS 分别用于特殊应用对象以及应用的功能扩展。

由传感器用例模型，对各通道对应的、检测范围上下限、物理单位、传感器类型、厂商 ID 和校正模型等，严格按 TEDS 格式进行配置，由 STIM 模块通过 TII 接口，NCAP 模块可读取 STIM 中 TEDS 数据，从而知道与这个 STIM 模块的通信速度、通道数及每个通道上传感器的配置参数，完成传感器的“即插即用”。图 5 为传感器初始化及接入网络的一个即插即用过程的 UML 顺序图。该过程的参与者包括现场操作者、传感器、主控制器 (系统)，操作者先进行 TEDS 参数配置，然后在实际使用阶段，系统启动后对传感器进行自检，自检完成后向网络发送通信请求，并侦听网络，等待主控制器的响应；当传感器与主控制器建立通信连接后，向主控制器发送的身份 ID 等 TEDS 识别参数，由主控制器识别并确认信息，主控制器根据存储的 TEDS 配置参数，向相应通道的传感器发送初始化 TEDS 配置参数等信息，完成初始化和网络接入，然后就可以实现参数的检测和数据的通信了。

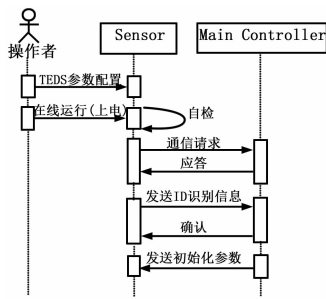


图 5 传感器初始化的 UML 顺序图

3 海洋渔业水环境监测系统开发

基于 IEEE1451.0、IEEE1451.4 混合标准模式下的系统模型架构和 TEDS 的传感器即插即用配置方案, 开发了海洋渔业水环境监测系统。该监测系统通过热插拔传感元件的显示测试, 关联的各数字、模拟传感元件均可以自动识别, 实现了良好的“即插即用”性, 并初步获得如下指标: ①准确监测气象环境参数, 其中风速为 $0.5 \sim 75 \text{ m/s}$ ($\pm 0.5 \text{ m/s}$), 风向为 $0 \sim 360^\circ$ ($\pm 3^\circ$), 气温为 $-40 \sim +100^\circ\text{C}$ ($\pm 0.5^\circ\text{C}$), 雨量为 $0.2 \sim 4 \text{ mm/min}$ ($\pm 0.2 \text{ mm/min}$); ②实现了水质参数的监测, 其中表层水温为 $-4 \sim +40^\circ\text{C}$ ($\pm 0.5^\circ\text{C}$); PH 值为 $0 \sim 14\text{pH}$ ($\pm 0.01\text{pH}$); 溶解氧为 $0 \sim 20 \text{ mg/L}$ ($\pm 0.2 \text{ mg/L}$) 水中溶解氧; ③系统选用 GSM/GPRS 网络模式, 实现监测参数远程通信和无人值守。

海洋渔业水环境监测系统的各项性能指标都达到项目要求, 并且具有以下优点: ①采用标准化的设计框架, 通过传感器即插即用方案的实施, 可使系统开发时间大为减少, 可减少 35% 的研发时间, 且便于后期系统维护; ②系统采用 IEEE 1451 混合标准架构设计, 使传感器、检测模块、通信模块分离, 提高了在强电磁干扰环境下传感器通信性能; ③采用标准化设计框架, 便于系统功能及模块的后续扩展。

4 结束语

(1) 基于 IEEE 1451.0、IEEE 1451.4 混合标准, 建立 IEEE 1451 海洋渔业养殖水环境监测系统, 从系统的静态功能分析、监测系统模型架构图、监测系统传感器用例模型图, 最后到传感器的即插即用方案的实现, 完成一个物联网监测应用系统开发过程, 通过海洋渔业水环境监测系统的构建, 验证了该网络化智能传感系统建模设计方法的有效性, 可大大减少开发时间。

(2) 基于 IEEE1451 标准化的架构, 可支持系统全过程开

发, 为复杂智能传感系统建模设计提供全面解决方案。通过标准化架构设计、传感器即插即用方案的实现, 可是传感检测系统更具通用性, 便于系统的后期维护、功能及模块的扩展。

参考文献:

[1] 吴媛媛, 张森. 基于 UML 的 IEEE 1451.4 网络传感器软硬件协同设计 [J]. 电子器件, 2007, 30 (03): 945 - 948.

[2] Terence Z, Vahed A. Using sensorML to describe scientific workflows in distributed web service environments [A]. IEEE International Geoscience and Remote Sensing Symposium (IGARSS 2009) [C]. 2009: 375 - 377.

[3] 陈家赢, 陈能成, 王伟, 等. 基于 SensorML 的遥感卫星传感器建模方法 [J]. 武汉大学学报(信息科学版), 2010, 35(8): 971 - 974.

[4] Matsumoto S. Echonet: a home network standard [J]. IEEE Pervasive Computing, 2010, 9 (3): 88 - 92.

[5] 邱华. 用于工业自动化设备互联的设备描述语言的定义和实现 [D]. 上海: 华东师范大学, 2006.

[6] Chen C, Helal A. Device integration in SODA using the device description language [A]. 9th Annual International Symposium on Applications and the Internet (SAINT 2009) [C]. 2009: 100 - 106.

[7] L Chin Feng, M Yi Wei, C Sung Yen, et al. OSGi-based services architecture for cyber-physical home control systems [J]. Computer Communications, 2011, 34 (2): 184 - 191.

[8] Zairi S, Zouari B, Niel E. Coloured Petri net model for the formal validation of sensor networks [A]. 1st International Conference on Sensor Networks and Applications (SNA-2009) [C]. 2009: 148 - 153.

[9] Shareef A, Yifeng Z. Energy Modeling of Wireless Sensor Nodes Based on Petri Nets [A]. 39th International Conference on Parallel Processing (ICPP 2010) [C]. 2010: 101 - 110.

[10] 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.

[11] 周岳斌. IEEE 1451 混合接入模式下网络化智能传感系统建模与实现 [D], 广州: 华南理工大学, 2012.

[12] Saponara S, Fanucci L, Neri B. IEEE 1451 Sensor Interfacing and Data Fusion in Embedded Systems [M]. Springer Science Business Media B. V, 2012: 1 - 30.

[13] 王石记, 周庆飞, 安佰岳. IEEE 1451 网络化智能传感器接口技术 [J]. 计算机测量与控制, 2012, 20 (10): 2600 - 2603.

[14] 黄国健, 刘桂雄, 洪晓斌, 等. IEEE 1451 网络化智能传感器的通用建模方法及应用 [J]. 光学精密工程, 2010, 18 (8): 1914 - 1921.

[7] Greensmith J, Aickelin U, Cayzer S. Introducing dendritic cells as a novel immune-inspired algorithm for anomaly detection [A]. ICARIS-05, LNCS 3627 [C]. 2005: 153 - 167.

[8] Kim, Bentely. Immune memory in dynamic clonal selection algorithm [A]. 1st International Conference on Artificial Immune System (ICARIS-2002) [C]. University of Kent and Canterbury, UK, 2002. 9

[9] 刘若辰, 杜海峰, 焦李成. 一种免疫单克隆策略算法 [J]. 电子学报, 2004, 32 (11): 1880 - 1884.

(上接第 1696 页)

[4] Forrest L S, Perelson A S, Allen L, et al. Self-nonself discrimination in a computer [A]. Proceedings of IEEE Symposium on Research in Security and Privacy [C]. Oakland, 1994. 5.

[5] Matzinger P. Tolerance. Danger and the extended family [J]. Annual Review of Immunology, 1994, 12: 991 - 1045.

[6] Aickelin U, Cayzer S. The danger theory and its application to artificial immune systems [A]. Proceedings of the first international conference on artificial immune systems (ICARIS 2002) [C]. Canterbury UK, 2002: 141 - 148.