

Construction of Firefighting Facility Monitoring and Early Warning System Based on CPS

Dong Li, Yunming Zhang

Chinese People's Armed Police Force Academy, Langfang Hebei
Email: 1076927147@qq.com, zhangym_wj@163.com

Received: Apr. 28th, 2018; accepted: May 15th, 2018; published: May 22nd, 2018

Abstract

In view of the current problems in the monitoring and management of firefighting facilities, a Cyber-Physical Systems (CPS) is used as a technical support, and technologies such as Internet of Things, Big Data, and Cloud Computing are comprehensively used to build a firefighting facility monitoring and early warning system with functions of real-time query of fire protection facilities, automatic fire alarm transmission, intelligent maintenance and fire prediction. Based on a brief introduction of CPS technology, the overall architecture of the system is built aimed at the overall design goals of the system. The system structure is divided into physical perception layer, network communication layer, data service layer and user application layer. The composition and cooperative operation of each layer of the system are elaborated in detail. The construction of the system will play an important role in promoting the construction of "Intelligent firefighting".

Keywords

Firefighting Facilities, Cyber-Physical Systems, Intelligent Warning, Intelligent Firefighting

基于CPS的消防设施监控预警系统构建

李 栋, 张云明

中国人民武装警察部队学院, 河北 廊坊
Email: 1076927147@qq.com, zhangym_wj@163.com

收稿日期: 2018年4月28日; 录用日期: 2018年5月15日; 发布日期: 2018年5月22日

摘 要

针对当前消防设施监控管理中存在的现实问题,以信息物理融合系统(CPS)为技术支撑,并综合利用物联

网、大数据、云计算等技术, 构建具有消防设施运行信息实时查询、火警自动发送、智能维保和火警预测等功能的消防设施监控预警系统。在对 CPS 技术进行简要介绍的基础上, 针对系统的总体设计目标, 提出了系统的整体设计架构。系统结构分为物理感知层、网络通信层、数据服务层和用户应用层, 并对系统各层的组成和协同运行进行了详细阐述。系统的构建将对“智慧消防”的建设起到重要的推动作用。

关键词

消防设施, 信息物理系统, 智能预警, 智慧消防

Copyright © 2018 by authors and Hans Publishers Inc.

This work is licensed under the Creative Commons Attribution International License (CC BY).

<http://creativecommons.org/licenses/by/4.0/>



Open Access

1. 引言

随着我国“智慧消防”的不断推进, 各地公安消防部门高度重视信息技术在消防安全领域的推广应用, 并相继建立了城市消防远程监控系统, 起到了一定的火灾防控作用。但是, 目前已有的城市消防远程监控系统没有实现城市消防设施、建筑内消防设施的全面监管, 部分消防设施运行状态仍为空白[1]; 对于已收集的报警信息和各类消防设施运行的数据也没有深入挖掘, 进行智能分析预判[2]; 而且由于成本高昂、安装复杂, 需要修改原有消防系统的软硬件架构, 很难推广和应用[3]。因此大量消防设施仍然自成系统, 独立运行, 难以真正实现大范围的消防设施联网监控。分析科技发展趋势可知, 消防设施网络化信息化是智慧消防发展的必然趋势, 也是公安消防日常管理工作的现实需要。

本系统针对消防设施运行和监管中存在的现实问题, 创新消防监督管理技术手段, 探索物联网、大数据、云计算等 CPS 技术在消防监督管理业务中的集成应用关键技术[4], 利用物联网技术实现消防设施监管网络化信息化, 利用大数据分析技术实现消防安全态势智能研判与预测预警, 利用云计算可以实现消防数据共享与远程控制, 力争利用现代信息化手段解决现有消防监督管理中存在的突出问题。

2. CPS 技术

2.1. CPS 技术简介

CPS (Cyber-Physical Systems) 又称信息物理融合系统, 是在环境感知的基础上, 深度融合 3C (Computation, Communication, Control) 技术的网络化物理设备系统, 通过计算进程和物理进程相互影响的反馈循环实现深度融合和实时交互来增加新的功能, 以安全、可靠、高效和实时的方式监测或者控制一个物理实体[5], 能够实现虚拟信息世界和现实物理世界交互与协同的智能系统。在 CPS 的全称中, Cyber 代表计算系统和网络系统所组成的信息世界, Physical 代表物理世界中的进程、对象或事件, 它的意义在于将物理设备通过各种网络实现了互联和互通, 使得物理设备具有计算、通信、精确控制、远程协调和自治等功能[6]。

2.2. 国内外研究现状

在国外, 美国总统科学技术顾问委员会(PCAST)在 2007 年《挑战下的领先——竞争世界中的信息技术研发》报告中将 CPS 列为首个研究点[7]; 欧洲于 2008 年启动了 ARTEMIS 等项目, 将 CPS 作为智能系统的一个重要发展方向[8]; 在日韩等国, CPS 从 2008 年左右开始备受关注, 各个高等教育机构和科

研院尝试开展了 CPS 的课程, 关注计算设备、通讯网络与嵌入式对象的集成跨平台研究。

在中国, 近年来“互联网+”概念的提出, 已经将物联网、大数据、云计算等 CPS 技术提升到了前所未有的高度。计算机领域的学者结合物联网和云计算等技术, 对 CPS 的普适化网络环境开展了一些探索性研究, 各个高校和研究机构也开展了 CPS 技术的相关研究[9]。对于我国消防安全领域, 虽然国家通过《城市消防远程监控技术规范》方式推广应用消防工作网络化, 但是由于该系统仅利用物联网实现了独立消防监控系统的集中管理, 在开展消防数据统计分析和智能研判等方面研究较少。因此, 将 CPS 技术与消防设施领域融合就成为必然趋势。

3. 消防设施监控预警系统设计目标

作为智慧消防的重要组成部分, 实现消防设施智能化、网络化的监控预警系统构建需满足和实现以下基本要求和目标。

3.1. 实现消防设施的全局化监测

消防设施的全局化监测有自动消防设施和非自动消防设施信息两个方面。自动消防设施信息包括火灾自动报警类和电气火灾监控的设备实时数据信息, 室内自动灭火设备运行等数据, 将建筑自动消防设施信息进行监控与整合, 是消防设施监控预警系统运行的主要保证。非自动消防设施信息包括消防水箱水位、移动灭火器状态、疏散通道和重要防火门位置等数据信息。对消防设施的全面检测, 是实现系统整体功能的重要基础。

3.2. 实现消防设施的全时空管理

为使消防设施信息达到集成和共享, 产生规模效应, 利用基于现有消防设施的信号识别与信息采集的共性关键技术, 突破自动消防设施联网的技术壁垒, 开发兼容主流品牌和型号的模块化数据采集与网络传输装置, 以低成本实现消防设施状态信息自动采集与实时传输, 实现建筑消防设施的网络化。同时, 建筑消防设施网络化应以覆盖一个行政区域甚至一个城市内的消防设施为基本要求, 力争实现城市消防设施全面管理的目标。

3.3. 实现防火水平精确评估与火灾风险智能预测

一方面, 能够根据获取的实时海量信息和历史数据, 建立自己的消防大数据平台, 利用数据智能分析技术和火灾发展趋势预测模型, 精确评估单位的消防安全水平, 发现设备隐患, 实现故障趋势分析, 主动发布预警信息; 另一方面, 系统能够智能分析火灾规律, 判断和预测区域火灾风险, 为政府和消防管理部门消防监督和动态战备提供决策依据, 增强消防部门和社会单位的主动防范能力。

4. 消防设施监控预警系统体系架构

在对 CPS 研究分析的基础上, 依据消防设施监控预警系统的设计目标, 本文提出了 CPS 的 4 层体系结构框架, 分别为物理感知层、网络通信层、数据服务层和用户应用层。CPS 体系结构如图 1 所示。

4.1. 物理感知层

本层由采集各类消防设施信息的设备组成, 又称之为 CPS 单元(CPSU), 是系统的基础层[10]。CPSU 作为终端设备配备有传感器、控制器和执行器, 主要用于感知和采集消防设施状况的物理信息。这些传感器与网络通信层、数据服务层形成硬件系统, 将采集的部件运行数据通过硬件设备汇聚到消防大数据分析中心。系统构成如图 2 所示。



Figure 1. System architecture diagram
图 1. 系统体系架构图

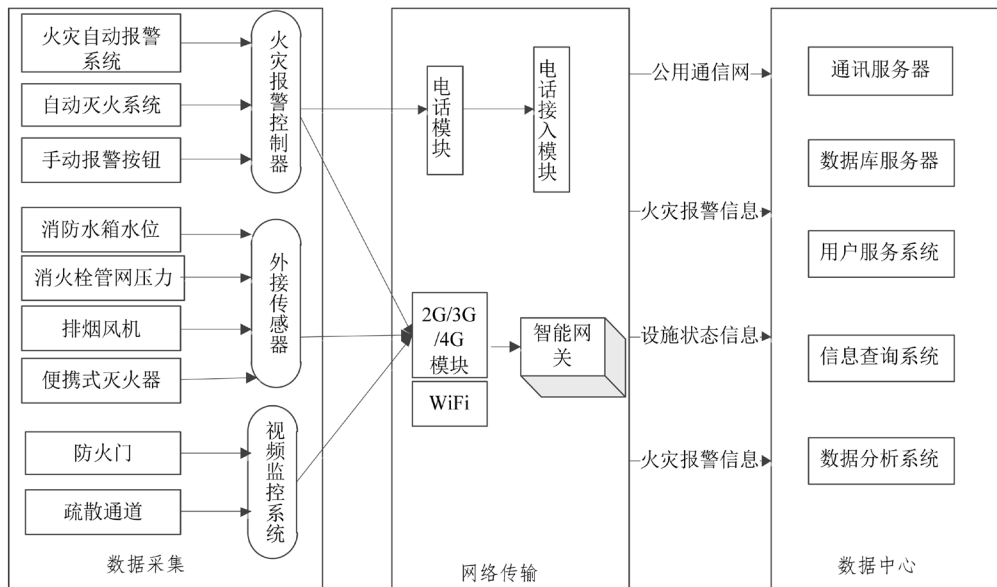


Figure 2. Schematic diagram of hardware system structure
图 2. 硬件系统结构示意图

前端数据采集采用消防报警控制器标准数据通讯接口或利用控制器串行接口, 针对不同设备厂家研制配套的数据采集装置, 在不影响原有设备安装及运行的条件下, 通过增加一套数据采集和传输装置, 实现火灾控制系统报警、动作、故障、修复等信息的采集, 同时针对各厂家设备接口不兼容问题, 拟编制设备接口标准规范, 统一数据传输协议, 开发统一的通讯接口, 提高系统的兼容性。

对于消火栓管网压力、消防水箱、排烟风机、防火门和疏散通道等消防设施状态信息不全面的问题, 研制基于外接传感器的数据采集装置, 通过独立于火灾报警控制器的外接传感器, 采集管网压力、消防水位、风机流量、防火门位置以及现场视频数据等, 并将采集到的数据传输到火灾报警控制器, 然后再由安装在消控室中的数据采集器进行上传, 通过额外数据的采集, 增强系统对消防设施监控的全面性。

4.2. 网络通信层

网络通信层是架设网络传输系统, 通过无线传输和互联网相结合的方法实现数据上传和下载。CPSU 和数据服务层以及 CPSU 之间通过无线网络实现互联, 常用的无线通信技术有 WSN、ZigBee、2G/3G/4G、WiFi 等, 实际使用中根据现实情况进行选择。数据服务层和应用层的计算单元、存储服务器和应用服务器以及各应用终端之间主要通过有线网络相连。

系统的无线数据传输装置是利用内置的通讯模块, 通过插入式的网络通讯卡, 实现中国通讯网络(4G/3G/2G)制式下的无线数据传输, 能够稳定传输高质量的数字和音视频信息。当数据采集装置获取设备状态信息后, 利用数据传输模块, 经由无线基站、无线数据服务网关, 再经由 Internet 网汇集至数据中心服务器, 最终存入数据库。

4.3. 数据服务层

数据服务层包含各种高性能计算单元和存储服务器, 负责 CPS 中数据的计算、分析、处理和存储。该层可获取海量信息数据, 包括消防设施动态运行、设备故障和修复、火灾报警及物理环境等信息。运用数据管理、数据挖掘、云计算等技术对数据经分析处理, 利用数据可视化技术直观地展现数据的物理意义, 从海量杂乱的数据中筛选出有用的信息, 为系统的大数据中心提供数据支撑。

建立大数据服务中心是实现消防设施监督管理信息化、智能化的基础, 数据服务中心可以由云服务器服务商提供, 云服务器支持用户实时获取服务。规划构建 500 T 存储、10 G 流量的大数据中心, 形成电信级别的云服务器平台。数据中心由通讯服务器、数据库服务器、用户服务系统、信息查询系统和数据分析系统组成。本系统数据中心提供的存储和管理海量数据的云数据库, 通过主备架构的部署方式, 能够提供集存储、备份、恢复、监控、迁移等方面的全套解决方案的大数据服务系统, 为下一步消防大数据汇聚、存储、查询和智能数据挖掘提供硬件支撑。

4.4. 用户应用层

用户应用层包含各种应用软件, 如数据管理软件、远程控制软件及显示各种消防设施状态信息的人机界面。系统依托“物联网”、“大数据”、“云计算”等信息技术, 融合消防设施硬件信息、软件系统和智能数据分析模型, 将硬件采集到的数据实时传送到数据中心并存入数据库, 能够实现数据智能计算和统计分析, 产生在线监控、实时报警、统计分析、监督检查等功能的多平台应用系统, 并能以图表和地图形式展现结果。

基于电脑端主流浏览器的网页访问模式, 通过给定的网址访问 web 服务器, 进行登陆账户、查询信息、管理数据、查看图表、下载报告以及地图显示等操作; 基于显示屏的访问模式, 需要专人值班, 对于推送的信息, 及时通知相关工作人员或单位进行处理; 基于手机 APP 的移动终端访问模式除了具备

数据查询、数据管理等基本功能外, 可以利用其移动特性和定位信息实现实时预警信息推送和灭火救援辅助决策功能。

5. 消防设施监控预警系统功能分析

系统主要面对消防部门、维保单位、防火单位三个应用层面, 建立大数据智能分析模型, 开展针对电脑浏览器、显示屏和手机 APP 的三种应用模式, 以满足不同用户需求。

5.1. 系统功能设计

5.1.1. 消防设施运行情况与火警信息实时推送

系统既能够实现消防设施运行情况的实时查询, 也能对其历史运行情况进行统计与查询, 此外能将火警信号和故障设备及时传送给相关部门或工作人员。针对火警信息的紧急性, 建立火警信息智能处理模型, 对不同消防设施反馈的火灾信号进行综合分析, 以实现火灾信息的判断、发送、确认等操作流程的自动处理功能。针对设备故障信息, 对不同用户发送不同信息, 如通知防火单位设备故障信息, 通知维保公司及时维修, 通知消防部门进行检查等, 以实现故障设备的及时维修与检查。

5.1.2. 监控管理报告自动生成

系统定期自动生成维保任务书, 现场人员登陆手机 APP 进入任务书, 如执行末端试水联动测试任务时: 打开末端试水, 水流指示器动作, 压力开关动作, 联动喷淋泵启动, 测试结果自动实时反馈到数据中心, 维保结果自动研判, 并通过电脑端及手机 APP 端显示结果, 打印维保检查报告书。同时, 以真实数据为基础, 通过网络化的数据传输和集中数据管理, 减少人为因素干扰, 以此保证各种分析结果的客观真实性, 避免造假作弊。通过人机实时交互和无纸化的操作, 确保监控管理报告内容真实, 避免人为干扰因素。

5.1.3. 大数据分析 with 智能预测

通过对获取消防设施数据的统计结果, 不仅能知道当前消防设施的运行情况, 还可分析消防设施运行的历史数据和平均数据, 通过对检测数据、平均数据的长期变化情况进行分析, 精确评估一个单位的消防安全水平, 发现故障隐患, 从而实现故障趋势分析、故障预测。对于经常发生设备运行状态不正常或经常发生火警的单位, 及时主动向消防监督员、企业负责人发布预警信息。另一方面, 通过对更大层面数据的挖掘, 利用模型分析得出的火灾时空区间及场所预测结论, 通过预警系统发布至各级管理部门, 实现消防部门、维保企业、防火单位三方共享的消防大数据服务。

5.1.4. 图表中心与地图应用

在消防数据统计分级的基础上, 通过图表和地图呈现方式, 展现数据统计与分析结果。对火灾发生的次数、消防设施的运行状态和设备的完好率等以图表的形式展现, 方便消防监督机构全面掌握消防设施的总体运行情况; 地图应用模块则将地理信息系统与消防大数据统计分析结果进行了有机结合, 一方面可以更加直观的反映出消防设施和火灾发展区域预警结果, 同时根据火警信息推送结果, 通过移动终端为灭火救援提供最优路径引导, 也可以为灭火救援提供最优路线引导和辅助决策技术支持。

5.2. 系统功能的协同实现流程

基于 CPS 的消防设施监控预警系统中, 物理层位于体系结构的最底层, 由各种感知设备构成, 通过这些设备可以感知物理世界, 并把获取的信息通过网络通信层传送给数据服务层。网络通信层可以实现 CPS 各层之间的互联互通, 为各层提供实时、真实的数据传输。数据服务层对网络通信层传递过来的数

据进行筛选、储存、分析和处理,为消防设施大数据平台做数据支撑。用户应用层包含各类应用软件,针对消防部门、防火单位和维保机构等不同用户需求,发送不同的消防设施状态信息,用户也可以输入控制指令。数据服务层把用户输入指令转换成控制信号,由通信网络层传送给消防控制柜进行作业,整个 CPS 体系构成一个完整的循环回路,从而交互协同实现系统的整体功能。

6. 结语

基于 CPS 的消防设施监控预警系统,集成应用物联网、大数据、云计算等信息技术,根据系统的总体设计目标,设计研发出具有数据采集、数据传输和数据处理的硬件系统,提出既符合 CPS 特点,又满足监控预警系统需求的 4 层体系结构。本系统是 CPS 技术与消防监管工作的有机融合,具有消防设施状态实时监控、火警信息实时推送、监控管理报告自动生成、防火水平精确评估和火灾风险智能预测等功能。系统投入使用后,将对各类消防设施的报警、运行、故障等信息以及社会单位的消防安全管理信息进行有效感知、可靠传输和集中高效管理,为构建新型智能化火灾防控体系提供重要技术支撑,也将推动消防各方面事业飞速发展。

基金项目

河北省重点研发计划项目(17275422);公安部技术研究计划项目(2016JSYJA23);公安部技术研究计划项目(2015JSYJA17);武警学院智慧消防专项科研课题(ZHXF2017001)。

参考文献

- [1] 杨成钢. 基于物联网的消防管理系统设计与实现[D]: [硕士学位论文]. 长春: 吉林大学, 2015.
- [2] 王伟. 消防物联网大数据中心的架构设计及应用[J]. 消防技术与产品信息, 2017, 8: 31.
- [3] 孙德斌. 城市消防设施物联网监测系统关键技术分析与应用[J]. 武警学院学报, 2016, 31(6): 19.
- [4] 傅永财. 探索大数据思维下的智慧消防[J]. 消防科学与技术, 2016, 35(12): 1760.
- [5] 何积丰. 信息物理融合系统[J]. 中国计算机学会通讯, 2010, 6(1): 25-29.
- [6] 李仁发, 谢勇, 李蕊, 等. 信息-物理融合系统若干关键问题综述[J]. 计算机研究与发展, 2012, 49(6): 1150-1152.
- [7] John, H., Marburger, I., Kvamme, F., *et al.* (2007) Leadership under Challenge; Information Technology R&D in a Competitive World. An Assessment of the Federal Networking and Information Technology R&D Program. President's Council of Advisors on Science and Technology, Washington DC. <http://www.nitrd.gov/pubs/>
- [8] Rammig, F.J. (2008) Cyber Biosphere for Future Embedded Systems. *Proceedings of the 6th International Workshop on Software Technologies for Embedded and Ubiquitous Systems*, Springer, New York, 245-255. https://doi.org/10.1007/978-3-540-87785-1_22
- [9] 王中杰, 谢璐璐. 信息物理融合系统研究综述[J]. 自动化学报, 2011, 37(10): 1159.
- [10] 陈丽娜, 王小乐, 邓苏. CPS 体系结构设计[J]. 计算机科学, 2011, 38(5): 295-300.

知网检索的两种方式：

1. 打开知网页面 <http://kns.cnki.net/kns/brief/result.aspx?dbPrefix=WWJD>
下拉列表框选择：[ISSN]，输入期刊 ISSN：2161-8801，即可查询
2. 打开知网首页 <http://cnki.net/>
左侧“国际文献总库”进入，输入文章标题，即可查询

投稿请点击：<http://www.hanspub.org/Submission.aspx>

期刊邮箱：csa@hanspub.org