

水质监测技术现有问题分析及物联网应用框架

武延坤¹, 陈益清¹, 雷萍²

(1. 深圳职业技术学院 建筑与环境工程学院, 广东 深圳 518055; 2. 深圳市水质检测中心, 广东 深圳 518055)

摘要: 介绍了物联网概念和国内外水质监测技术发展现状, 结合现有供水企业中水质监测技术的应用和研究情况, 提出了在线水质监测的发展方向, 并设计了水质监测物联网应用的基本框架结构, 该结构扩展了现有饮用水的水质监测范围, 整合并完善了实际应用及研究中的主要水质监测技术和搭建物联网的关键技术。最后提出了物联网应用在水质监测中应关注和研究的若干主要问题。

关键词: 物联网; 水质监测; 无线传感器网络; 生物监测; 智能传感器; 云计算

中图分类号: TP393 **文献标识码:** B **文章编号:** 1000-4602(2012)22-0009-05

Analysis on Water Quality Monitoring Technologies and Application of Internet of Things

WU Yan-kun¹, CHEN Yi-qing¹, LEI Ping²

(1. School of Architectural and Environmental Engineering, Shenzhen Polytechnic, Shenzhen 518055, China; 2. Shenzhen Water Quality Testing Center, Shenzhen 518055, China)

Abstract: The concept of Internet of Things (IOT) and the development of water quality monitoring technologies at home and abroad were presented. Combined with the application and research situation of water quality monitoring technologies in the water treatment plants, the future development of on-line water quality monitoring was discussed, and the basic framework of the application of IOT in water quality monitoring was designed. The framework extended the scope of the current water quality monitoring, integrated and perfected the main water quality monitoring and IOT technologies. Several main problems of the application of IOT in water quality monitoring were proposed.

Key words: Internet of Things; water quality monitoring; wireless sensor network; biological monitoring; intelligent sensor; cloud computing

“物联网”(Internet of Things)其定义是通过射频识别(RFID)、红外感应器、全球定位系统、激光扫描等信息传感设备,按约定协议将物体与互联网相连接,进行信息交换与通信,实现对物体的智能化识别、定位、跟踪、监控与管理的一种网络技术。目前,我国不少城市和地区制定了物联网产业发展规

划纲要和行动计划,在政府主导、研究单位和产业的广泛参与下,物联网应用及产业链正在形成。在智慧城市、数字化监管、公共服务平台中将发挥重大作用。2011年4月,我国首个城域物联网已在广东佛山市禅城区启用。

通过采用物联网技术,使实时在线水质监测变

基金项目: 深圳市生物产业发展专项资金资助项目(JSA201105100160A)

得不再困难。2007年6月,太湖、巢湖等水域出现大范围蓝藻后,无锡市全面加强水环境自动监测系统的建设,截至2009年底,无锡已建成86个24h不间断水质自动监测站,覆盖了95%以上的太湖面积,并特别增加了叶绿素、蓝绿藻和总酚监测项目^[1]。

1 水质在线监测技术发展现状

1.1 国内外发展现状

水质监测技术的发展过程可分为三个阶段:①人工水质分析阶段;②水质专用监测仪器阶段;③水质自动监测阶段。

水质在线自动监测系统是以在线自动分析仪器为核心,运用现代传感器技术、自动测量技术、自动控制技术、计算机应用技术以及相关的专用分析软件和通讯网络组成的在线自动监测体系。一套完整的水质自动监测系统,能连续、及时、准确地监测目标水域的水质及其变化状态;中心控制室可随时取得各子站的实时监测数据,统计处理并打印输出不同周期的平均数据以及最大值、最小值等统计报告及图表。现在的水质在线自动监测系统还具有监测项目超标及子站状态信号显示报警功能。

国外在城市污染源及江河流域的水质监测方面起步较早。美国在20世纪中叶就已建立自动水质监测系统,用以代替人工监测网络的工作。到了20世纪70年代,英国、日本、荷兰、德国等国都先后建立了水质污染连续监测系统。我国对水污染自动监测系统的研究始于20世纪80年代,在全国主要江河流域、湖泊建成了73个水质自动监测站,对水温、pH值、溶解氧、电导率、浊度和氧化还原电位等指标实施监测并提供水质自动检测报告^[2]。

目前,比较成熟的常规在线监测项目有水温、溶解氧、电导率、浊度、氧化还原电位(ORP)、流速和液位等,常用的检测项目有COD、高锰酸盐指数、TOC、氨氮、总氮、总磷等,其他还有酚化物、氰化物、硝酸盐、亚硝酸盐、氰化物、硫酸盐、磷酸盐、油类、叶绿素、金属离子(如六价铬)等。生物在线监测技术是近几年发展较快的一种监测手段,用于在线生物监测的指示生物有发光细菌、大型蚤类、鱼类等。生物监测在解决常规化学监测所不能解决的环境综合毒性问题上具有优势。

1.2 存在的问题和改进方向

① 一体化程度和规模限制

就城市供水水质监测而言,北京、天津、上海、深圳、成都、无锡和杭州等地已建设或正在建设水质在线监控网络。然而,不同规模的水厂工艺运行管理网络、原水监测系统、城市用水终端水质监测系统,多由不同部门建立,相对封闭且各自独立运行,致使一体化程度和规模性较差。

监测系统的布点数量越多、规模越大,其监测值越能反映真实的水质状态,相互关系越明显。以国内水务集团的水务信息化系统为例,对水质的监测通常从水厂原水进水口开始,对运行工艺、出厂水质进行自动监测,但缺少对水库等水源水质的监测,使系统处于被动地位,丧失了预警与保护功能。与此相比,国外的水质在线监测系统具有相对优势。以法国Choisy-le-Roi自来水厂为例,该厂在取水点上游5km和8km处分别设立了一个自动监测站。5km处的自动监测站检测项目有TOC、碳氢化合物、氨氮、温度、亚硝酸盐、pH值、电导率、溶解氧;8km处的检测项目在此基础上增加了硝酸盐、氰化物和重金属。任何被测参数超过一定的限值,总监控室和水质部门的水质监控屏幕上会立即出现水质警报,实验室技术人员会立即采取相应措施进行处理。

对于我国城市供水水质的全程监测系统而言,应在现有技术的基础上,增加水源水质监测与预警系统,提高对水质污染突发事件的预警能力。

② 水质监测设备的适用性

目前我国的水质监测设备多依赖进口,国内的监测仪器厂家规模小、技术不够成熟、仪器的准确度和稳定性较差,难以与国外知名品牌(如HACH等)相抗衡。直接使用国外仪器,若缺少二次开发和技术转化也会带来一些问题。以生物毒性在线监测设备为例,北京市自来水集团有限公司于2008年从国外引进了生物毒性在线监测仪,由于国内外水体水质的差异,使得国外的生物鱼种在国内出现了严重的不适应,影响了其检测的准确性。因此,对于先进的水质监测技术,我国不能过于依赖进口,应加大研发投入,开发符合国内水质特点的监测设备。

③ 运营维护

由于在线监测系统后期运行损耗大、维护费用高,因此,良好的运营维护管理是保证水质在线监测系统正常运行的基石。

目前,我国环境保护部正在开展对在线监测运营单位的资质认可,对运营人员进行持证上岗考核,

出台了《自动在线监测运营管理办法》,逐步规范了在线监测系统的运营。运营管理已由无序向有序、由“游击”方式向专业化方向转变。

④ 准确度和相关行业标准滞后

由于在线监测使用的方法和仪器设备的差异普遍存在,因此行业内普遍将 GB 5749—2006 的指标作为参考数据,但不将其作为考核依据。例如, COD 分析中,实验室标准方法中对采集的水样事先摇匀后分析,而在线监测仪器为了防止悬浮物进入狭窄的管路而在采样处设有滤网,这样就会造成分析试样的不统一,从而引起对照数据的偏差。为保证仪器监测的准确性、可靠性,对仪器进行校正和检验,是经常和必须的工作。

另外,在线监测仪器标准化工作相对滞后。为配合污染源减排三大体系能力建设项目的实施,环境保护部相继制定和修订了一系列标准,如《水质在线监测系统安装技术规范》、《水质在线监测系统验收技术规范》等,为规范水质在线监测系统的安装、运行奠定了基础。但是,随着环境管理的不断加强,仪器种类不断增多,还应制定新的规范或标准,对已有不适应要求的规范标准进行修订,如《水质在线监测仪器安装验收、安装标准》中,存在验收周期长、工作量大、低浓度指标要求过于严格等问题。在城市供水水质标准监测方法中,针对在线监测产品制定的应用技术标准还相对缺乏,限制了在线监测系统的有效应用。

⑤ 数据应用的局限

水质在线监测系统除体现在远程、实时监控等方面的优点之外,还应发挥其数据库查询分析、图形图像处理、安全管理、管理决策等多项优势。而目前的水质数据处理和分析工作基本还是单向输出,数据利用性差、共享性差。如何克服其应用和管理瓶颈,是一个需要深入思考的问题。

1.3 水质在线监测系统的发展方向

随着传感器、硬件研发以及通讯等技术的快速发展,水质在线监测系统必然向多功能化、智能化、网络化以及设备小型化的方向发展。对于在线水质监测系统,可以开发水质毒性生物预警仪和基于水源水质监测指标的预警系统。

水体中未知污染物对水质安全构成了潜在影响,已知单项污染物浓度在标准值以下,但是多种污染物的总体浓度较高也可能对水质安全构成潜在影

响。为了能够对水体水质的急性生物毒性进行监测,发展能够监测水质急性毒性的在线生物预警仪是水质在线监测技术发展的一个方向。

2 水质监测物联网应用的基本框架

水质监测物联网的基本框架分感知层、网络层和应用层。感知层对应测量、感知水质污染监控指标的仪器仪表、现场传感器等,网络层对应各种可用的有线和无线网络,应用层则对应水质自动监控的具体业务逻辑的实现,具体见图 1^[3,4]。

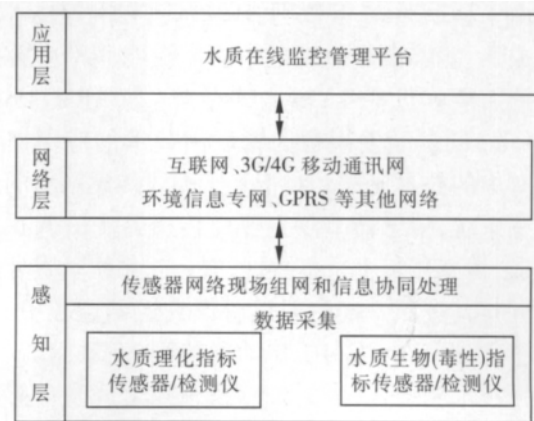


图 1 水质监测物联网应用的基本框架

Fig. 1 Basic framework of water quality IOT

2.1 感知层

水质监测仪或者传感器是对应物联网理论结构中感知层的实物体现,主要用于采集各种水质监测指标(如硝酸盐、氰化物、重金属、pH 值、电导率等)。在水质监测的实际应用中,可以选择与水质监测项目相对应的检测仪或传感器进行数据采集。比如水库,需要在库心、库湾设置在线监测仪表,实时监测水体 pH 值、浊度、电导率、溶解氧和 ORP 等指标;在给水厂,需要在原水入水口、清水池和出水口设置在线监测仪表,实时监测 pH 值、浊度、余氯等指标。水质自动监控感知层传感器数量众多,采集数据的水质特征最强,是水质物联网的核心和基础,需要不断研究发展更多的满足新兴监测指标要求的专业传感器技术,使之具有良好的指标感知和数据分析处理性能。

感知层还需发展传感器网络组网和协同信息处理技术,实现传感器、RFID 等数据采集技术所获取数据的短距离传输、自组织组网以及多个传感器对数据的协同信息处理过程。传感器节点遍布在水源、水厂及供水管网中,是感知层的基本单元,通过

自组织的方式部署在水质监测的实际环境中,在覆盖范围内的传感器节点构成无线传感器网络。网络中分布于不同地域的节点被划分到各子网中进行管理,网络中监测到的水质数据通过多跳路由的方式在相邻节点间进行传递。

2.2 网络层

网络层的实物体现就是各种有线或无线网络,能够实现更加广泛的信息传输和系统互联功能,能够把感知到的数据信息无障碍、可靠、安全地传出去。由于移动通信、互联网、环境信息专网等技术已十分成熟,能够很好地满足水质监测物联网中数据传输的需要。近些年,嵌入式系统(如 ARM、DSP、FPGA 等)的迅猛发展也为物联网技术的应用提供了强有力的技术支撑。对于基于无线传感网络的水质监测系统,传感器节点主要由传感器和嵌入式系统组成,传感器负责采集数据,嵌入式系统负责处理数据并将其按照一定的通讯协议发送到监控中心。将传感器网络与 3G/4G 移动通信网、互联网、卫星通信技术相结合,可为传感器节点之间及传感器节点与监控中心之间实现“物联”提供可靠的网络支撑。

2.3 应用层

应用层的实物体现可以是水质自动监控子站,也可以是水质监控系统中心。它接收来自传感器网络层监测到的数据,通过监控软件中的模型和算法对水质进行分析判断,可以将分析结果以各种形式展示出来。同时按照一定的权限,应用层还可以对感知层发出命令,实现远程控制功能。

应用层将感知层采集的各种水质数据按照某种格式进行集成处理,依据每种水质数据设计相应的校核与修正标准。依据基于大量的水质监测数据和水质监测经验建立的水质预警模型,对水质进行预警预报。应用层能够基于监测数据对每个水库、水厂或者区段的水质进行模拟评估,并为专家的水质决策分析提供数据。

3 水质监测物联网应用要关注的问题

3.1 传感器技术

与国外相比,我国传感器和仪表元器件的产品品种和质量水平尚不能满足国内市场需求,总体水平还处于国外 20 世纪 90 年代初期的水平,存在的主要问题有:①科技创新差,核心制造技术严重滞后于国外,拥有自主知识产权的产品少,品种不全,

产品技术水平与国外相差 15 年左右。②投资强度偏低,科研设备和生产工艺装备落后,成果水平低,产品质量差。③科技与生产脱节,影响科研成果的转化,综合实力较低,产业发展后劲不足。

在水质监测领域,传感器可用于水体富营养化监测、污染物急性毒性检测等。作为一种新的检测手段,生物传感器具有高选择性、高灵敏度、较好的稳定性、低成本,能在复杂的体系中进行快速在线连续监测,可以预见生物传感器将会成为最具潜力的环境监测工具。

在水质监测方面,光纤传感器、生物传感器和原膜微型电极传感器正在或将要发挥应有的作用。今后一段时间内传感器的研究工作将主要围绕提高检测器使用寿命、信号转换使用寿命、响应稳定性和微型化、便携式等问题。

3.2 无线传感器网络结构

随着智能传感器技术的发展,基于无线传感器网络的水质监测系统已成为一个研究热点。在无线传感器网络的应用中,一个很重要的问题就是对无线传感器网络结构的优化算法研究。

无线传感器网络的节点部署,即在目标观察范围内,通过适当的算法有效地布置监测区域内的 WSN 节点,优化现有的网络资源,以期在应用中获得网络的最大利用率或单个任务的最小消耗量。在具体的 WSN 节点部署过程中,要根据目标区域指定的任务要求来选择目标区域内节点的个数和摆放的位置。在能达到一定覆盖要求的情况下,以尽量少的节点来降低网络能耗。当数据源改变或部分节点失效时,为了保证网络长时间运行时能源得到保障,还需考虑部署时的冗余技术^[5-6]。

3.3 云计算

在水质监测物联网中,大量的水质数据处理和分析工作。针对水务信息化系统的现状,可以在现有水质监测系统的基础上,完善和建立各水厂、加压站、管网状况和用户信息等子数据库,实现就地储存的分散型数据储存系统。完善供水全过程中心数据库的功能,通过公司网络和数据压缩的程序来储存全公司各子数据库的历史数据,实现数据集中储存和全面共享。各个分散的子数据库和中心数据库实现相互备份,子数据库可以按照需要请求中心数据库进行数据回调^[7]。

对于水务信息化系统,基于上述分散型数据储

存系统,借助云计算技术的支撑,实现向企业用户和居民用户提供水质数据的实时查询功能,并向流域内的水司提供污染物扩散模拟和水质分析等服务。

3.4 信息安全

物联网中信息安全难以保障,主要体现在物联网应用中遍布的传感节点,特别是像水务信息化这样的大系统,其传感节点众多,而且很多节点具有暴露性或被定位性,这就为外来入侵者提供了场所和机会。因此,在水质监测物联网应用中,必须要面对和解决的一个重要问题,就是要确保这些来自不同节点的感知数据在传输过程中,能够得到强大而有效的安全保护^[8]。

4 结语

目前常用的水质监测和控制方法,主要是通过人工采样和在线监测相结合的方法来保障供水水质的安全。化验人员定时对水体(原水、出厂水和管网水)进行采样,在实验室进行分析和测定,再结合设在水厂或管网的分析仪表所取得的数据进行分析和比较。这种方法实时性差、准确性低,滞后时间较长,因而很难应对水质突变情况,水质安全无法保证。要对水质实现保护,必须实时动态地掌握水质动态信息,才能全面、科学、真实地反映被监测区域的水质情况。近年来,随着物联网技术、传感器技术以及水质监测技术的快速发展,使得搭建基于物联网的水质监测系统,实时、系统、全面地监控水质信

息成为可能。

参考文献:

- [1] 贾益刚. 物联网技术在环境监测和预警中的应用研究[J]. 上海建设科技 2010 (6): 65-67.
- [2] 张珏. 基于无线传感器网络的水质在线监测系统研究[D]. 重庆: 重庆大学 2010.
- [3] 李国刚, 李旭文, 温香彩. 物联网技术发展与环境自动监控系统建设[J]. 中国环境监测 2011 27(1): 5-10.
- [4] Tan Lu, Wang Neng. Future internet: the internet of things [A]. Proceedings of the 3rd International Conference on Advanced Computer Theory and Engineering (ICACTE) 2010 [C]. Chengdu: Southwest Jiaotong University 2010.
- [5] 荆琦, 陈洲峰. 无线传感器网络的设计与部署[J]. 计算机工程与应用 2007 43(27): 18-21.
- [6] 陶圆博. 无线传感器网络环境监测系统的设计与实现[D]. 西安: 西安电子科技大学 2011.
- [7] 魏日强, 岑国峰. 建设供水全过程水质监控信息系统的构想[A]. 中国水务信息与自动化应用研讨会论文集[C]. 广州: 广州自来水公司 2010.
- [8] 吴冈. 物联网时代为自动化行业带来新的机遇[J]. 自动化技术与应用 2011 30(1): 1-5.

E-mail: chyq12@szpt.edu.cn

通讯作者: 陈益清

收稿日期: 2012-06-26

版权声明

自 2011 年 1 月 1 日起,本刊所刊文章之复制权、发行权、广播权、信息网络传播权、改编权、翻译权、汇编权及其他有可转让的著作权均于本刊刊发之日转由本刊享有,原著作权人可在非营利范围内继续使用。版权费用以稿酬的形式一次付清。如作者向本刊投稿,除另有说明外,本刊将视为作者已接受上述条件。

特此声明。

(本刊编辑部)