

面向污水监控系统的自适应加权数据融合算法

齐 华¹, 李 晓¹, 刘 军², 杨 超³

(1. 西安工业大学 电子信息工程学院, 陕西 西安 710021;

2. 武警工程学院 通信工程系, 陕西 西安 710086;

3. 海军航空工程学院 电子信息工程系, 山东 烟台 264001)

摘 要: 水是人类身体组织构成的重要成分, 水质的好坏与人们日常生活更是息息相关。实时掌握水质状况能帮助人们最大限度地降低水质污染给人们身体及其日常生活带来的危害, 保证人们正常生活。针对传统的污水监测系统监测周期长、时间覆盖率低等缺点, 引入无线传感器网络实现实时监测, 并对其网内传输数据运用自适应加权数据融合算法进行处理。仿真结果表明, 该算法基本上能满足污水监测系统对数据的要求, 并达到节省能量、提高效率的效果。同时, 经融合后数据量减少进而缓解了网络拥塞, 延长了网络寿命。

关键词: 污水监测; 无线传感器网络; 数据融合; 自适应加权

中图分类号: TP274.2

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2015)04-0221-04

doi: 10.3969/j.issn.1673-629X.2015.04.051

Adaptive Weighted Data Fusion Algorithm Faced to Wastewater Monitoring System

QI Hua¹, LI Xiao¹, LIU Jun², YANG Chao³

(1. College of Electronics and Information Engineering, Xi'an Technological University,
Xi'an 710021, China;

2. Department of Communications Engineering, Engineering College of Armed Police Force,
Xi'an 710086, China;

3. College of Electronics and Information Engineering, Naval Aeronautical Engineering Institute,
Yantai 264001, China)

Abstract: Water is an important component of human body tissue composition, and water quality is closely related to the daily life of people. The real-time control water quality can help people to reduce the harm of water pollution that brought to the people body and daily life, to ensure the normal life of people. In view of long monitoring cycle, low time coverage and other shortcomings for the traditional wastewater monitoring system, introduce the wireless sensor network to realize real-time monitoring, and for network data transmission, use the adaptive weighted data fusion algorithm for processing. The simulation results show that the algorithm can basically meet the requirements of wastewater monitoring system of data, saving the energy and improving the efficiency. Meanwhile, the amount of data reduces after the fusion and thus alleviates the network congestion, extending the network life cycle.

Key words: wastewater monitoring; wireless sensor networks; data fusion; adaptive weighted

0 引 言

水是生命存在的必要条件, 是人类身体组织构成的重要成分, 水质的好坏与人们日常生活更是息息相关^[1]。因此, 想最大限度地降低水质污染给人们身体及其日常生活带来的危害, 实时地掌握水质状况显得尤为重要。

污水监测发展到现在, 主要克服了传统监测系统监测周期长、数据采集、传输速度慢、覆盖率低等缺点, 采用现代化的监测管理手段, 因此大大提高了城市水资源信息化的管理能力^[2]。由于传统监测需要人工到达监测地点, 实地采集样本带回鉴定, 因此不能对一些地势偏远的地区水质进行鉴定, 从而得出的结论略显

收稿日期: 2014-05-14

修回日期: 2014-08-19

网络出版时间: 2015-01-20

基金项目: 陕西省科学技术研究发展计划项目(2014K05-19)

作者简介: 齐 华(1963-), 女, 教授, 研究生导师, 从事无线传感器网络、信息传输、信息处理、信息编码、电磁兼容技术等研究和应用工作。

网络出版地址: <http://www.cnki.net/kcms/detail/61.1450.TP.20150223.0952.001.html>

片面^[3]。所以将无线传感器网络技术引入污水监测中,有着重要的意义。基于 WSN 技术可以深入采集到之前不易采集的偏远区域,大大提高了监测范围、提高了监测精度^[4]。

引入 WSN 纵然解决了传统监测方法的众多不足,但对于无线传感器网络本身,其能量消耗非常大,如果不能控制其能量消耗,那么网络会迅速死亡,从而导致整个监测系统的瘫痪。因此,要保证 WSN 在污水监测系统中长期、稳定的运行,在网络数据传输过程中加入适合的数据融合算法显得尤为关键^[5]。自适应数据融合算法,原理简单,实时性强,在保证数据正常传输的同时,能减少网络能量的消耗,从而延长网络寿命。

1 算法概述

(1) 节省能量。

由于传感器网络节点布放的随机性,各监测区域会出现不同程度的交叠而产生大量的无用信息^[6]。数据融合在汇聚节点转发传感器数据之前,对采集到的数据先进行数据融合处理,去掉冗余信息,在保证数据准确传输的同时做到数据量最小化。

(2) 获得更精准的信息。

针对多个传感器采集到相同参数的不同数据,经数据融合的综合,提高了所需参数信息的可信度以及精度。并且可以在处理过程中排除由于其他原因导致节点报告错误的情况,从而获得更准确的信息^[7]。

(3) 提高数据收集率。

经数据融合后的数据量大大减少,在降低网络拥塞率的同时,缩小了数据传输的延迟,提高了信道利用率^[8]。

1.1 自适应加权算法原理

自适应加权数据融合算法是指在总均方误差最小的这个最优条件下,寻找各传感器的最优加权算子,计算后使结果 \hat{X} 达到最优^[9]。由于不同传感器测量精度不同,只有自适应地选取其对应的加权因子,才能做到真正的最优。其算法结构图^[10]如图 1 所示。

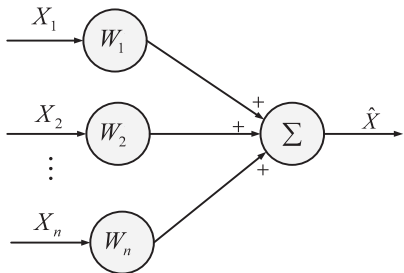


图 1 自适应加权融合模型图

设各传感器节点方差分别为 $\sigma_1^2, \sigma_2^2, \dots, \sigma_n^2$, 其监测数据分别为 X_1, X_2, \dots, X_n , 对应的各加权因子为

W_1, W_2, \dots, W_n ^[11]。融合结果 \hat{X} 和加权因子满足式(1)和式(2):

$$\hat{X} = \sum_{p=1}^n W_p X_p \quad (1)$$

$$\sum_{p=1}^n W_p = 1 \quad (2)$$

所以,总均方误差如下:

$$\sigma^2 = E[(X - \hat{X})^2] = E\left[\sum_{p=1}^n W_p^2 (X - X_p)^2 + 2 \sum_{p=1, q=1, p \neq q}^n W_p W_q (X - X_p)(X - X_q)\right] \quad (3)$$

因为 X_1, X_2, \dots, X_n 相互独立,且都是 X 的无偏估计量,所以, $E[(X - X_p)(X - X_q)] = 0$ ($p \neq q; p = 1, 2, \dots, n; q = 1, 2, \dots, n$)^[12],故:

$$\sigma^2 = E\left[\sum_{p=1}^n W_p^2 (X - X_p)^2\right] = \sum_{p=1}^n W_p^2 \sigma_p^2 \quad (4)$$

根据多元函数求极值的方法,得到均方误差最小时的加权因子为:

$$W_p = \frac{1}{\sigma_p^2 \sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}} \quad (p = 1, 2, \dots, n) \quad (5)$$

最小均方差为:

$$\sigma_{\min}^2 = \frac{1}{\sum_{p=1}^n \frac{1}{\sigma_p^2}} \quad (6)$$

综合以上公式计算出的最优加权因子,再根据实际测量的数据,计算出最终融合之后的最优值^[13],即:

$$\hat{X} = \frac{\sum_{i=1}^n \frac{X_i}{\sigma_i^2}}{\sum_{i=1}^n \frac{1}{\sigma_i^2}} \quad (7)$$

因为自适应算法能根据不同测量值选取更适合的加权因子,使得融合后的值更准确,因此该系统选定自适应加权数据融合算法。

1.2 算法实现过程

以采集温度数据为例,算法具体的实现步骤如下:

(1) 通过部署在不同区域的温度传感器节点,采集到相关温度数据信息并交由下一步进行数据预处理。如果采集或发送失败则重复该步;

(2) 根据采集到的温度数据,计算得到其均值和方差,通过权值计算公式,得到对应的温度权值;

(3) 为每一个传感器分配温度权值,通过自适应加权算法得到相应融合结果。

具体流程图如图 2 所示。

2 水质参数数据的采集及特性分析

选择作为衡量水质好坏标准的参数,最重要的是

参数的变化能直接反映水质的质量^[14]。

水温:指水的温度,水温的高低不仅影响着水中生物以及细菌的生长繁殖速度,也直接影响着其他参数的变化,因此水温对于水质监测必不可少;

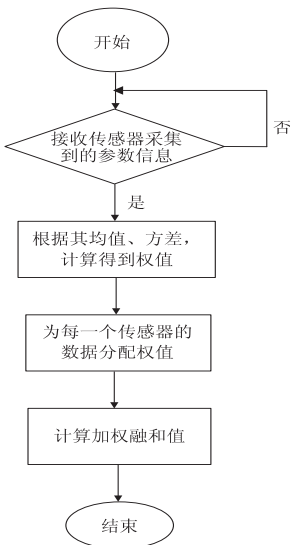


图2 程序流程图

酸碱度(PH 值):指测量水样的酸碱性,PH 值的变化能反映出水体酸碱性污染的程度,直接影响水中生物的生存环境;

溶解氧(DO):指水中所溶解的分子态氧的含量,DO 主要反映水体的自净化能力的强弱。自净化能力强,表示水质受污染不严重,反之则说明受污染严重。

系统对三个参量分别用三个传感器节点同时监测其变化情况,并用 Matlab 软件绘出曲线图。文中以温度为例,如图 3 所示。

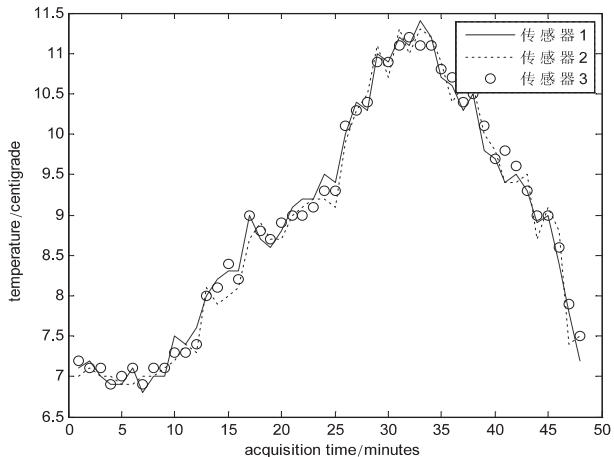


图3 温度数据的采集曲线

根据上面的曲线图,可以得到在 50 分钟内各个参数的变化情况。可以看出,图中的三条曲线在不同时间都有着不同程度的重合,这是因为随机布置节点的缘故,传感器测量区域出现部分的重叠。如果对这些采集到的测量数据不进行任何处理直接发送给网关,通信量会非常大。

所以,针对无线传感器网络应用于污水监测这一实际特点,系统需要对测量同一参数的同类传感器采集到的数据进行数据融合,不同参数得到一组最简洁的数据发送给网关节点,减轻信道负担。

自适应加权数据融合算法不需要先验知识,原理简单易执行,只需要知道此刻测量的数值信息,就可以自适应地分配权值进行融合,最终算出均方误差最小的结果,实现最优估计^[15]。其优点在于:若知道了节点的测量方差,所有的数值皆可以获取得到。若某一传感器在运行时损坏或发生线性漂移等情况时,能实现自我调节,通过降低该传感器的权值,将其“去除”,在一定程度上实现了抗干扰。缺点是计算量大,一系列的数字处理会造成一定的误差,也相应地加大了能量的消耗。

3 仿真结果与分析

3.1 仿真数据结果

经自适应加权数据融合算法 (Adaptive Weighted Data Fusion, AWDF) 处理后的结果见下图 AWDF 曲线所示,较之前采集曲线相比,该曲线保留了原始测量曲线的走势,能充分反映原始测量参数的基本情况。

为了能更直观地显示其结果,引入均值融合算法 (Average Data Fusion, ADF) 与之对比。融合结果曲线以 PH 值为例,如图 4 所示。

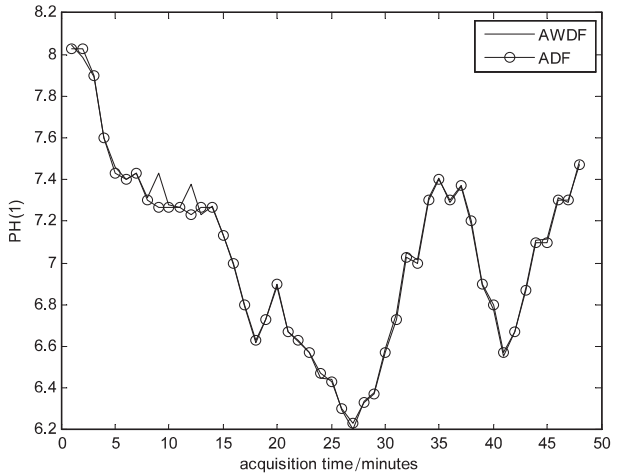


图4 PH 值数据对比图

从图中不难发现,PH 值融合值在 10 min、20 min 左右有略微区别,其他时间与均值算法融合结果基本完全重合。这些曲线图都充分反映了自适应加权数据融合算法跟均值融合算法在大多数时间内是可以相互替换的;也就是说,单从融合的数据结果上来说,这两种融合算法达到的融合结果是基本一致的。

3.2 剩余能量消耗分析

从上节调试数据曲线图中可知,从数据融合结果出发,二者是可以相互代替的。下面从能量消耗方面

进行分析。

能量消耗等式 $E_r = LE_e + L\varepsilon_L d^4$, 其中, E_r 表示总的能量消耗, L 表示所发送消息的长度, 单位为比特, 传输或接收信号的能量消耗为 $E_e = 50 \text{ nJ/bit}^{[16]}$, 短距离的传输为 $\varepsilon_L = 10 \text{ pJ}/(\text{bit} \cdot \text{m}^4)$; 长距离的传输为 $\varepsilon_L = 0.001 \text{ 3 pJ}/(\text{bit} \cdot \text{m}^4)$, d 表示簇头离基站的距离。

根据上面的计算公式, 确定初始能量, 将 AWDF 算法、ADF 算法以及未经融合的剩余能量分别用曲线表示出来, 结果如图 5 所示。

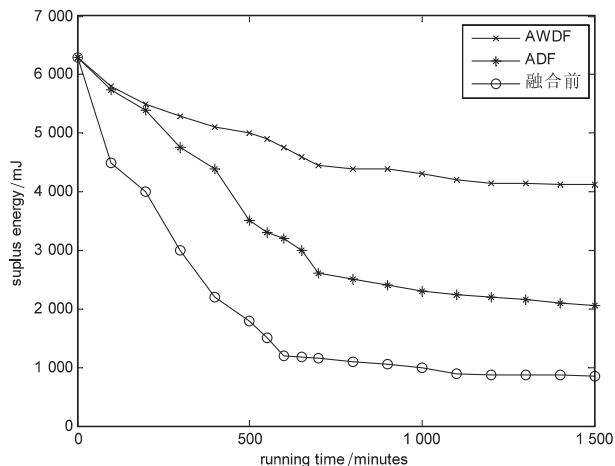


图 5 ADF、AWDF 算法与融合前剩余能量对比图

根据图中的三条曲线, 可以知道 ADF 与 AWDF 的剩余能量都大于未融合的能量, 这说明了进行数据融合的必要。随着时间的增加, 可以看出 AWDF 剩余能量的优势越来越明显: 1 000 min 左右, ADF 较融合前剩余能量提高了约 50%, 而 AWDF 则提高了约 75%; 在 1 400 min 左右, ADF 较融合前剩余能量提高了约 60%, 而 AWDF 则提高了约 80%。这些都充分说明: 在工作周期长的系统中, AWDF 更具有优势。所以, AWDF 更适用于污水监测这样一个连续长期工作的网络系统。

4 结束语

文中针对污水的实际环境, 基于 WSN 对传感器节点采集到的原始数据进行融合并进行模拟仿真。经自适应加权数据融合算法处理后的数据是有效的, 有以下结论:

(1) 自适应加权算法能够在保证数据有效性的基础上, 去冗余, 减轻信道通信负担;

(2) 经过自适应加权算法的处理, 可以很好地降低 WSN 的能耗。针对较长时间的工作, 自适应算法有明显优于融合前的剩余能量, 工作 1 500 min 后, 剩余

能量提高了 83%。更有效地延长网络的生存时间。

自适应加权数据融合算法基本上能满足污水监测系统对数据的要求, 并达到了节省能量、提高效率的效果。同时, 经融合后数据量的大大减少进而缓解了网络拥塞, 延长了网络寿命, 对实现污水监测系统有实际的意义。


参考文献:

- [1] 陈强, 卢启福, 李亨, 等. 基于 WSNs 的城市污水监测系统研究[J]. 湖南科技学院学报, 2011, 32(4): 83-86.
- [2] 杨卓静, 孙宏志, 任晨虹. 无线传感器网络应用技术综述[J]. 中国科技信息, 2010(13): 127-129.
- [3] 陈敏欣, 谢冬青, 黄海. 环境监测有害成分的数据融合及其水质状况评价[J]. 信息安全, 2014(2): 63-67.
- [4] 时文武, 杨军. 无线传感器网络在温室环境监测中的应用研究[J]. 计算机与现代化, 2012(3): 125-127.
- [5] 杨万海. 多传感器数据融合及其应用[M]. 西安: 西安电子科技大学出版社, 2004.
- [6] 张军, 杨子晨. 多传感器数据采集系统中数据融合研究[J]. 传感器与微系统, 2014, 33(3): 52-54.
- [7] 白香芳, 田江丽. 数据融合技术在无线传感器网络中的应用分析[J]. 赤峰学院学报: 自然科学版, 2013, 29(7): 28-30.
- [8] 黄丽燕. 面向花卉基地环境监测的无线传感网络数据融合[D]. 北京: 北京林业大学, 2012.
- [9] 翟翌立. 基于总均方误差最小条件下的多传感器最优数据融合算法[J]. 吉林工学院学报, 1996, 7(17): 82-84.
- [10] Liu Yuanze, Zhang Jiawei, Li Mingbao. Support degree and adaptive weighted spatial-temporal fusion algorithm of multi-sensor[C]//Proceedings of 2010 Chinese control and decision conference. [s. l.]: [s. n.], 2010.
- [11] 李娜, 黄国策, 张衡阳. 基于自适应加权算法的通信网络安全影响数学模型[J]. 电子技术应用, 2011, 37(11): 107-111.
- [12] 刘叶玲, 朱艳伟. 加权数据融合算法及其应用举例[J]. 西安科技大学学报, 2005, 25(2): 253-255.
- [13] Bian Xiaolei, Xia Yuanqing, Yan Liping, et al. One-channel networked data fusion with communication constraint[C]//Proc of 31th Chinese control conference. [s. l.]: [s. n.], 2012.
- [14] 张丽琼. 污水监测系统在环境保护控制中的应用[J]. 低碳世界, 2013(6): 93-95.
- [15] 董伟, 朱建勇. 基于多传感器的温室环境数据融合算法研究[J]. 物联网技术, 2013, 3(2): 16-18.
- [16] 李恒灿, 李权才. 数据融合技术在环境监测中的应用[J]. 中国农机化, 2011(4): 110-113.

面向污水监控系统的自适应加权数据融合算法

作者：[齐华](#), [李晓](#), [刘军](#), [杨超](#), [QI Hua](#), [LI Xiao](#), [LIU Jun](#), [YANG Chao](#)

作者单位：[齐华, 李晓, QI Hua, LI Xiao\(西安工业大学 电子信息工程学院, 陕西 西安, 710021\)](#), [刘军, LIU Jun\(武警工程学院 通信工程系, 陕西 西安, 710086\)](#), [杨超, YANG Chao\(海军航空工程学院 电子信息工程系, 山东 烟台, 264001\)](#)

刊名：[计算机技术与发展](#) 

英文刊名：[Computer Technology and Development](#)

年, 卷(期): [2015\(4\)](#)

引用本文格式: [齐华](#). [李晓](#). [刘军](#). [杨超](#). [QI Hua](#). [LI Xiao](#). [LIU Jun](#). [YANG Chao](#) [面向污水监控系统的自适应加权数据融合算法](#)[期刊论文]-[计算机技术与发展](#) 2015(4)