

基于 ZigBee 的缓变数据采集与处理研究

宋志强^{1,2}, 周献中², 李华雄²

(1 苏州经贸职业技术学院 信息系, 江苏 苏州 215009; 2 南京大学 工程管理学院, 江苏 南京 210093)

摘 要: 无线传感器网络的应用一直受能量的制约, 因此如何降低系统能耗始终是无线传感器网络的核心问题. 研究了一类基于 ZigBee 的缓变数据监测系统的数据处理问题, 提出了一种改进的数据精简算法. 该方法考虑了测量误差, 通过综合数字滤波法及改进的数据精简算法, 降低了数据通信量, 延长无线传感器网络的生命周期. 采用三次样条数据插值, 对温度数据进行插值, 实验结果表明通过该方法得到的温度曲线较为平滑, 该方法具有可行性、实用性和推广价值.

关键词: 无线传感器网络; 综合数字滤波; 数据精简算法; 数据插值

中图分类号: TP271

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2012)08-0189-04

Research of Slow-changing Data Acquisition and Processing Based on ZigBee

SONG Zhi-qiang^{1,2}, ZHOU Xian-zhong², LI Hua-xiong²

(1 Department of Information, Suzhou Institute of Trade & Commerce, Suzhou 215009, China;

2 School of Management and Engineering, Nanjing University, Nanjing 210093, China)

Abstract: The energy is the most constraint of the applications of wireless sensor network (WSN). Reducing energy consumption is a key problem in WSN. A kind of processing problem of slow-changing data monitoring system was researched. An improved data reduction algorithm was proposed and the measurement error was considered. The data traffics were reduced by using the integrated digital filter and the above algorithm, so the lifetime of WSN was prolonged. Eventually, three spline data interpolation was adopted and the experiment results show that the temperature curve is much smoother through this method. The approach is proven feasible, practical and worthy of using abroad.

Key words: wireless sensor network; integrated digital filter; data reduction algorithm; data interpolation

1 引言

无线传感器网络 (Wireless Sensor Network, WSN) 已成为重要的研究领域, 近年来国内外开展了大量研究工作, 取得了许多研究成果, WSN 可以广泛地应用于军事、国家安全、环境监测、交通管理、医疗卫生、制造业等领域^[1].

ZigBee^[2]采用 802.15.4 协议, 是一种近距离、低功耗、低速率、低成本的双向无线传感器网络通信技术. 近年来, 已有 ZigBee 技术应用于各种无

线传感器网络监测、监控系统. 陈真等人利用 ZigBee 技术实现了智能网络关爱系统^[3]; 刘三军等基于 ZigBee 技术实现了基于多 CPU 的智能机房物联网系统^[4]. 王福祿等人采用 ZigBee 技术实现了基于无线传感器网络的温室环境监测系统^[5]. 尽管基于 ZigBee 技术的无线传感器网络系统已经实现, 但是这些系统很少考虑能耗. 本文对缓慢变化的数据采集与处理进行了研究, 提出采用改进的数据精简算法进行数据的采集与传输, 减小了测量误差, 有效地降低了系统能耗. 在 PC 主机端采用自然三次样条

收稿日期: 2011-12-09; 修回日期: 2012-02-20

基金项目: 江苏省自然科学基金项目 (BK2011564)

插值方法对数据进行处理,较好地复现了采集的数据.

2 基于缓变数据的改进型数据精简算法

2.1 缓慢数据定义

在无线传感器网络的应用中,存在这样一类被监测的数据,即此类数据变化缓慢,甚至在较长一段时间内不变,在此将其定义为缓变数据.如温度、CO₂ 含量等数据,即为缓变数据.

2.2 数据精简算法

传感器节点一般由传感、通信、电源、计算等模块组成.传感器节点的绝大部分能量消耗在通信模块上,通信模块成为节点能量消耗的核心^[6].对于缓变数据,在一定时间内可能不变,例如传感器节点对温度数据以较高频率采样之后发送到协调器,那么该系统就有可能存在多个冗余数据.对于此类系统,有必要对采集数据精简,以减少数据的发生次数,从而延长网络生命周期.文献[7]提出了一种数据精简算法,通过减少节点数据的发送量从而达到节能的目的.该算法用到的相关参数及含义如表 1 所示.

表 1 数据精简算法的参数及含义

参数	含义
α	当前采样数据
α'	前一次采样数据
δ	$\delta = \alpha - \alpha' $
Δ	数据误差阈值
T_{send}	同步时钟阈值
T	采样周期

该算法的核心思想是传感器定时采样数据 α , 发送传感数据,在之前的采样周期 T 得到传感数据 α' ,若 $\delta = |\alpha - \alpha'| \leq \Delta$,且定时器计数没有达到 T_{send} ,则不发送 α ;若 $\delta = |\alpha - \alpha'| > \Delta$,则发送 α ;若 $\delta = |\alpha - \alpha'| \leq \Delta$,但定时器计数达到 T_{send} ,则发送 α ,以告知数据采集和处理中心传感器节点处于工作状态,以便其复现采集数据.

2.3 数据精简算法的改进

上述数据精简算法没有考虑对采样数据进行数字滤波,在环境比较恶劣的应用场合,如干扰源较多时,可能会影响测量数据的准确性.为减少外界环境对采样数据的干扰,提高测量数据的准确性,本文提出基于缓变数据测量的改进的数据精简算法,核心思想如下:在每次采样周期 T 内通过综合数字滤波

算法得到采样数据,然后再进行下一步的处理.综合数字滤波算法核心思想如下:在一个采样周期 T 内读取 N (N 为奇数)次传感数据,先对这 N 次传感数据排序,剔除最大和最小的两个数据,这样可有效滤去因脉冲干扰而引入的误差.后对余下的 $X_1, X_2, \dots, X_{N-2}$ 共 $(N-2)$ 个数据作算术平均值滤波以使采样值平滑, $\bar{\alpha}$ 值可由下式计算:

$$\bar{\alpha} = \frac{1}{N-2} \sum_{i=1}^{N-2} X_i \quad (1)$$

综合数字滤波算法简单易行,由此引入的计算能耗相比通信能耗而言可以忽略不计^[6].改进的数据精简算法流程图如图 1 所示.

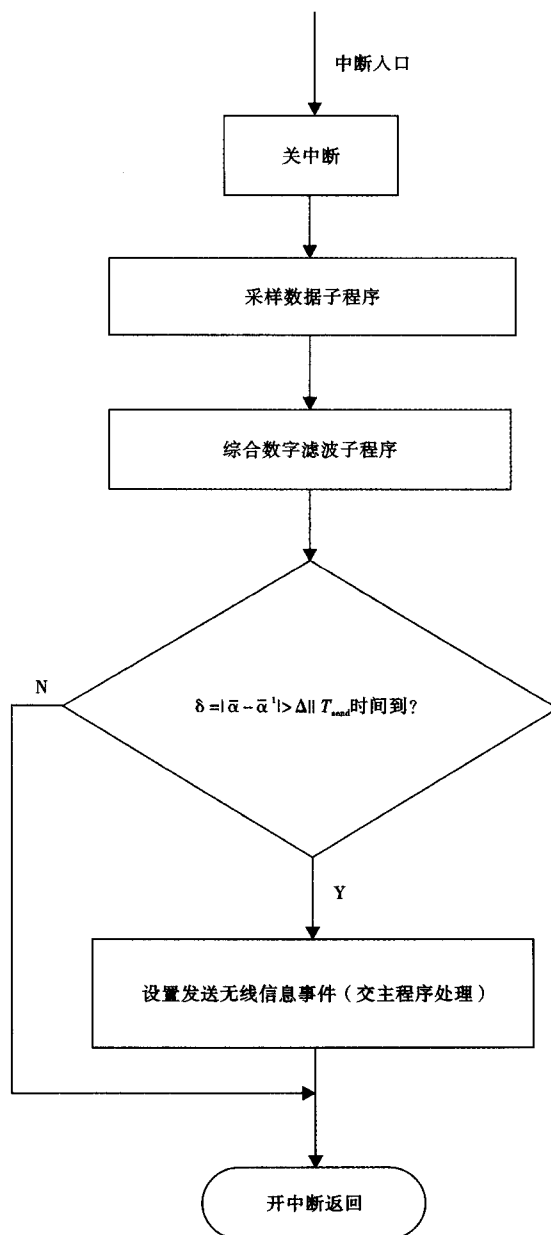


图 1 改进的数据精简算法中断服务程序流程图

式中, $\bar{a}$ 为当前综合数字滤波后数据, $\bar{a}^{\sim}$ 为前一采样周期 T 综合数字滤波后数据。

3 数据插值

若采样周期 T 较大, 则缓变数据经过采样后变为离散值, 因此需要计算离散值之间的估计值。在此采用自然三次样条插值法, 在每对相邻结点之间构造 3 次多项式, 自然三次样条插值函数构造如下:

设 $x_1, x_2, \dots, x_n$ 按递增顺序排列, 则经过 $(x_1, y_1), (x_2, y_2), \dots, (x_n, y_n)$ 的三次样条 $S(x)$ 是一组三次多项式:

$$\begin{cases} S_1(x) = a_1 + b_1(x - x_1) + c_1(x - x_1)^2 + d_1(x - x_1)^3, x \in [x_1, x_2] \\ S_2(x) = a_2 + b_2(x - x_2) + c_2(x - x_2)^2 + d_2(x - x_2)^3, x \in [x_2, x_3] \\ \vdots \\ S_{n-1}(x) = a_{n-1} + b_{n-1}(x - x_{n-1}) + c_{n-1}(x - x_{n-1})^2 + d_{n-1}(x - x_{n-1})^3, x \in [x_{n-1}, x_n] \end{cases} \quad (2)$$

由文献[8]可得

$$\begin{cases} b_i = \frac{S_{i+1}(x) - S_i(x)}{h_i} - \frac{h_i}{3}(2c_i + c_{i+1}) \\ d_i = \frac{c_{i+1} - c_i}{3h_i} \end{cases} \quad (3)$$

$$\begin{bmatrix} 1 \\ h_1 & 2(h_1 + h_2) & \dots & h_{n-2} & 2(h_{n-2} + h_{n-1}) & h_{n-1} \\ & & & & & 1 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} c_1 \\ c_2 \\ \dots \\ c_{n-1} \\ c_n \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 3(S[x_3 - x_2] - S[x_2 - x_1]) \\ \dots \\ 3(S[x_n, x_{n-1}] - S[x_{n-1}, x_{n-2}]) \\ 0 \end{bmatrix} \quad (4)$$

其中:

$$h_i = x_{i+1} - x_i, S[x_i - x_j] = \frac{S_i(x) - S_j(x)}{x_i - x_j},$$

$$i = 1, 2, \dots, n-1.$$

先求解式(4)得 c_i , 之后即可求解式(3)得 b_i 和 d_i . 将 $x = x_i$ 代入式(2)得 $a_i = S_i(x)$. 于是求得插值函数, 之后便可以用之来进行插值处理。

4 实验与分析

为验证采用上述方法的效果, 我们构建了基于 ZigBee 的温度采集及处理实验平台, 实验平台主要由 ZigBee 协调器、传感器节点、PC 机(作为数据采集和处理中心)等组成。ZigBee 协调器、传感器节点的核心为 TI 公司的 CC2430, 并带有温度传感器 DS18B20. 协调器与主机通过 RS-232 串口相连, 负责网络的组建并监测传感器节点传来的数据, 一旦有数据则上传至 PC 机。ZigBee 协调器和传感器节点的软件设计基于 TI 的 ZigBee 协议栈, 在 IAR Embedded workbench for MCS-51 7.30B 下开发、编译、下载。主机软件用 C++ Builder 开发, 软件结构为 C/S 结构, 数据库为 SQL Server 2005. 对于串口数据的接收、发送采用多线程技术, 采用多线程技术可以减少软件对系统资源的占用。主机软件共有主线程、串口接收和发送等 3 个线程, 其中串口接收线程负责将收到的串口数据和串口的状态信息及时通知主机。在主线程中, 采用自然三次样条插值算法对数据进行插值、绘制数据曲线。

为验证上述方法的有效性, 做了以下实验。首先在 $T=10\text{ s}$, $T_{\text{send}}=30\text{ min}$, $\delta=0.1^\circ\text{C}$ 时对 8 小时的温度数据进行了采集。实验中, 每一采样周期 T 时传感器节点向协调器发送一帧数据, 该数据帧同时包含未采用数据精简算法、采用数据精简算法及采用改进的数据精简算法时采集的数据。三者的数据次数分别为 2 880 次、121 次和 115 次。原因是采用改进的数据精简算法后, 仅上传发生变化的以及需要同步的数据, 故通信量大为减少。

在 $T=10\text{ s}$, $T_{\text{send}}=30\text{ min}$, $\delta=0.1^\circ\text{C}$ 时, 在同一个采样周期内用数据精简算法及改进的数据精简算法采集温度数据上传至 PC 机形成的温度曲线如图 2 所示。数据精简算法没有采用数据滤波, 故某些采样点会有脉冲干扰而使数据不够精确, 上传数据次数比改进的数据精简算法多 6 次。采用了综合数字滤波算法后, 采集数据的准确性较数据精简算法要高, 形成的温度曲线较为平滑。

在 $T=T_{\text{send}}=1\text{ h}$, $\delta=0.1^\circ\text{C}$ 时, 系统对 24 小时的温度数据进行了采集, 获取了 24 个数据点, 分别采用线性、三次样条、三次多项式插值对数据进行了处理, 效果比较图如图 3 所示。实验结果表明三次样条插值获得的曲线最为平滑。

5 结束语

在基于 ZigBee 的缓变数据采集与处理系统中,

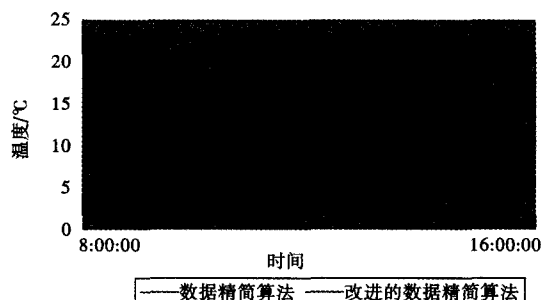


图2 算法效果比较图

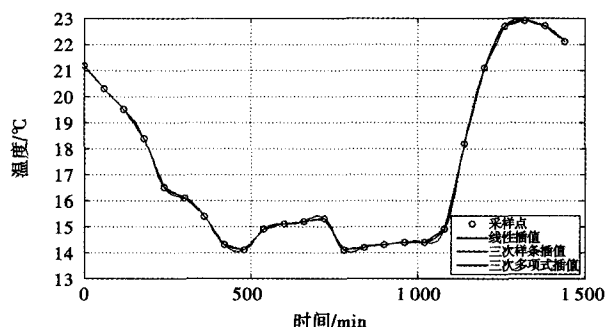


图3 三种插值方法效果比较图

采用改进的数据精简算法,提高了采集数据的准确性,解决了该类 ZigBee 系统中因采用周期 T 较小时传感器节点向协调器传送较多冗余数据的问题,降低了系统的通信能耗,从而延长了系统的生命周期;数据采集和处理中心采用自然三次样条插值能得到较为平滑的曲线.实验结果表明该方法具有一定的实用价值.

参考文献:

- [1] Chiara Buratti, Andrea Conti, Davide Dardari, et al. An overview on wireless sensor networks technology and evolution[J]. Sensors, 2009(9): 6869-6896.

- [2] Baronti P, Pillai P, Chook V, et al. Wireless sensor networks: A survey on the state of the art and the 802.15.4 and ZigBee standards [J]. COMPUTER COMMUNICATIONS, 2007, 30(7): 1655-1695.
- [3] 陈真,汪小燕,王钰. 智能网络关爱系统的设计与实现[J]. 微电子学与计算机, 2010, 27(9): 144-146.
- [4] 刘三军,向丽萍,徐建,等. 基于多 CPU 的智能机房物联网系统[J]. 微电子学与计算机, 2011, 28(9): 183-185.
- [5] 王福祿,房俊龙,张喜海. 基于无线传感器网络的温室环境监测系统研究[J]. 东北农业大学学报, 2011, 42(2): 59-64.
- [6] Jason Hill, Robert Szweczyk, Alec Woo et al. System architecture directions for networked sensors [J]. ACM SIGPLAN Notices, 2000, 35(11): 93-104.
- [7] Yin Zhenyu, Zhao Hai, Lin Kai, et al. Multi-sensor data fusion in wireless sensor networks[C]// IMACS Multiconference on Computational Engineering in Systems Applications. Beijing, China; 2006: 1690-1694.
- [8] 程文锋,杨祥龙,王立人. Zigbee 温室监控数据的预测值插值处理[J]. 农机化研究, 2011(10): 19-22.

作者简介:

宋志强 男, (1977—), 讲师, 博士研究生. 研究方向为无线传感器网络、计算机控制与管理一体化.

周献中 男, (1962—), 教授, 博士生导师. 研究方向为指挥自动化系统理论与技术、智能信息处理与智能系统.

李华雄 男, (1977—), 博士, 讲师. 研究方向为粗糙集理论与应用、数据挖掘.