

DOI: 10.19797/j.cnki.1000-0852.20190221

GPS 浮标追踪测流系统研究

卢海文, 武利生, 王志文

(太原理工大学机械与运载工程学院, 山西 太原 030024)

摘要:为了提高传统的浮标测流的准确性,解放劳动力,提出了一种基于 GPS 定位技术以及 ZigBee 无线传输技术的自动化浮标测流系统的设计方案,包括浮标的结构设计,软硬件设计。用全微分来计算了装置的理论定位误差,经试验证明实际定位误差与理论计算的一致;速度的计算算法采用在一定数据量下多次计算速度再求平均值的方法,能有效消除定位误差。经仿真以及试验验证,该装置的测速精度能满足水文测流的需求,为浮标自动化测流的后续研究提供理论基础。

关键词:GPS; ZigBee; 浮标; 流速; 全微分; matlab 仿真

中图分类号: TP29; TP79; TV214

文献标识码: A

文章编号: 1000-0852(2020)05-0061-06

浮标法测流是大洪水时期流量测验的一种重要形式。较之其他流量测验方式,浮标法流量测验具有“选材容易、造价低、投放速度快、易操作、稳定性强、测流速度快、安全性能好”等优点^[1]。浮标测流的应用范围广泛,但存在精度较低、人为因素影响过大等缺点。杨国德^[2]等对浮标测流提了许多保证测流精度的意见,但这些建议并没有确切执行,只是一些设想,没有理论以及实验数据的支持,说服力不足;梅超^[3]对浮标和浮标测流原理进行了改进,应用声波脉冲测速技术一定程度上提高了测流安全性和精度,但测量原理基于多个假设成立才能成立,测量较为粗略。为了提高浮标测速精度,解放劳动力,将采用无线通讯技术,卫星定位技术以及嵌入式技术来取代传统的人工浮标测流方法。参考了目前类似的几种研究,一种是应用 GPS 和 GSM 无线通讯的追踪方案^[4],该方案可以满足本次设计的需求,但 GSM 的使用需要 SIM 卡,不容易用于电脑终端,且需要收费;一些是 GPS 应用于浮标作为高度计的应用和 GPS 用于浮标定位的应用^[5-8],但这些研究并没有对流速进行测量;一种基于 ZigBee + 车载终端的架构^[9],利用 ZigBee 的点对点通信,使高速公路上的前后车之间进行信息交互,其对于无线通讯的硬件需求的分析与本次系统的

设计一致。相比于其他通讯手段而言,ZigBee 有更大的使用范围,灵活的网状网络通信,可靠性高,可以满足更广泛的现实工业需求^[10],因此本次设计也将采用 ZigBee 作为无线通讯手段。

1 研究内容

1.1 系统介绍

本系统基于嵌入式技术和 GPS 定位技术进行开发,通过 ZigBee 无线通讯技术的点对点通讯,使得浮标终端和上位机之间能进行信息交换。本系统通过 GPS 模块接收浮标终端自身的位置信息,经 CPU 处理后通过 ZigBee 发送到上位机,实现信息的单向传输,由上位机进行数据转换并且实现和用户的信息交互。

基于无线通讯以及 GPS 的浮标测速系统主要由以下三个部分构成,包括浮标终端,连接电脑的无线收发装置以及上位机软件。系统的结构以及浮标终端原型机如图 1,图 2a 所示。

应用本测流原理的测流装置包括两个部分,分别是浮标(携带和发送定位信息)和岸上的无线接收装置。其基本组成、功能和主要作用分述如下:浮标的投放方式和传统的浮标一样。浮体结构参考 Watson 等在澳大利亚 Bass 海峡高度计定标场中采用的 MK II

收稿日期:2019-07-08

作者简介:卢海文(1994-),男,广东广州人,硕士研究生,主要从事机电一体化研究工作。E-mail:18435168125@163.com

通讯作者:武利生(1972-),男,山西交城人,副教授,主要从事机电一体化研究工作。E-mail:wulisheng@tyut.edu.cn

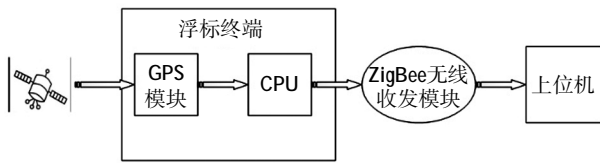


图1 系统结构

Fig.1 The system structure

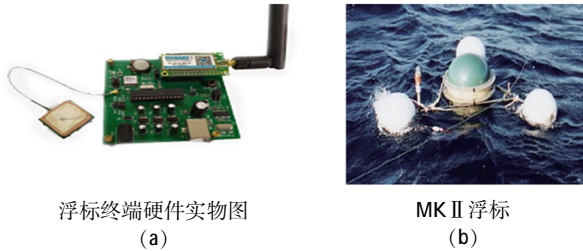
浮标终端硬件实物图
(a)MK II 浮标
(b)

图2 浮标示意图

Fig.2 The buoy diagram

浮标样式结构(见图 2b)。浮标分为三角架泡沫浮球和仪器舱两部分,仪器舱内固定浮标终端,GPS 天线通过螺纹连接固定于仪器舱盖上。为了防止装置侧翻,且浮标终端电路板保持在水面上,从而防止 GPS 模块和 ZigBee 的信号被水屏蔽,将其制作成上轻下重类似于“不倒翁”的形状,且终端电路板固定在 ABS 塑料密封的室外防水盒中,完全不会受雨水的影响,且塑料盒也不会屏蔽信号。

装置的另一部分是岸上的上位机接收装置,该装置由一个接收信号的 ZigBee 接收模块和电脑构成,其主要作用是接收、存储和计算相关数据并得到最后的流量数据。

1.2 工作原理及过程

测速原理:浮标终端在上游开始进入河流后,GPS 模块每隔一秒将接收到的原始定位数据通过串口发送到 CPU,CPU 对接收回来的信息进行判断是否有效,有效则进行解析,并把有用的数据经由 ZigBee 模块发送到上位机。上位机对数据进行处理,把经纬度转化成相对起始点(起始点是开始测速时接收到的前三个有效坐标的平均值)的距离,并结合 UTC 时间计算出流速。

工作过程:浮标终端准备被投入河道前,上位机先点击进入测速状态,待屏幕显示已取得起始点位置后即可进行投放。之后上位机的操作界面会实时显示此时浮标的经纬度、UTC 时间以及距离起始点的距离还有当前的数据数。当取得大于 50 组数据时,点击“计

算流速”即可得到河流平均速度。

2 硬件设计

硬件电路图如图 3 所示,主要包括 Arduino 单片机,GPS 定位模块,电源模块,ZigBee 无线发送模块。

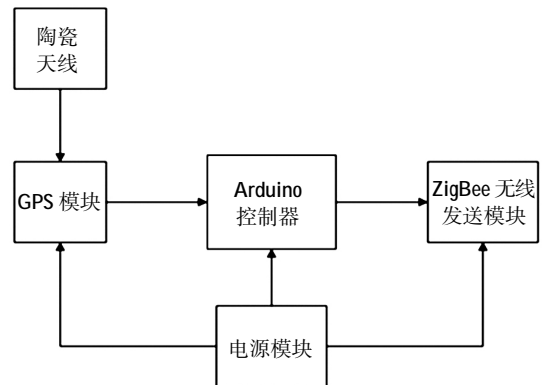


图3 硬件电路

Fig.3 The hardware circuit

2.1 Arduino 控制器

核心芯片为 Atmega2560-16AU 有 54 路数字 IO 口,16 路模拟 IO 口,6 路外部中断,8KB 片内静态 RAM,容量 256KB 的 Flash 以及 4KB 的 EEPROM 的控制器,两个 8 位定时器,一个 16 位定时器。

2.2 ZigBee 无线发送模块

由于实际测量数据传输距离小于 300m,且对传输速率要求较低,综合考虑成本、功耗、数据传输可靠性、安全性、实现起来的难易程度等因素,市面上一般的 ZigBee 无线模块即可满足要求。本次设计选择的模块工作电压在 3.7~5v 之间,在空旷地带传输距离能达到 2000m,完全满足使用要求。

2.3 GPS 定位模块

本次所选用的定位模块芯片,其定位精度为 2.5MRMS,数据的输出格式是 NMEA-0183 版本的 ASCII 码语句。

2.4 成本估计

本系统批量生产时,所用到的电子元件中,电阻电容的价格可以忽略不计,Atmega2560-16AU 芯片成本在 3 块钱左右,GPS 芯片价格在 10 元左右,ZigBee 模块自己买芯片开发,每块芯片价格大约在 3 元左右,浮标的防水盒价格在 10 元左右,浮标主体用木材制作,材料价格有限,综合成本最多在 50 元左右,因而价格低廉,不需要进行回收。

3 软件设计

软件设计分两部分,下位机的软件采用 C 语言编写,主要负责数据的解析以及发送,上位机的软件用 C# 编写^[11-14],主要负责对有效数据的转换。

3.1 下位机的数据解析以及发送

数据的解读主要由 Arduino 单片机负责。GPS 的数据格式是 NMEA-0183,它的数据帧是以“\$GPRMC”或者“\$GNRMC”开头,以“\r\n”结尾,因此只要在接收缓存中能获取到“\$GPRMC”或者“\$GNRMC”的地址信息,并能获取到“\r\n”的地址信息,而且“\r\n”的地址大于“\$GPRMC”或者“\$GNRMC”的地址,就可以认为已经获取到了所需的数据帧。数据帧的不同数据是以逗号分隔开的,所以只要依次找出各逗号的位置,读出逗号之间的信息,即可获取到相关信息。之后再根据格式的定义,解算出相关数据,并把他们按定义好的通讯协议进行封装^[15-17],经 Zigbee 发送到上位机供进一步处理。

3.2 上位机有效数据转换

对定位数据的进一步处理由电脑上位机完成。上位机把定位数据转换成两点距离,再把两点距离结合时间求出速度。

3.2.1 两点距离的计算

设 A 点的经纬度坐标为(x,y),B 点的经纬度坐标为(j,k),地球的半径为 R=6 371km。由几何关系可推导,不同经纬度的两点的距离关系转换公式见式 1^[18]:

$$L(x,y,j,k)=2R \times \arcsin \left(\sqrt{\sin^2\left(\frac{y-k}{2}\right) + \cos y \times \cos k \times \sin^2\left(\frac{x-j}{2}\right)} \right) \quad (1)$$

3.2.2 速度的计算

为了消除卫星定位误差对速度的影响,从统计学角度进行了分析,设计了一个可以有效消除误差,提高测速精度的算法。分析过程如下:

假设 X,Y 为任意两点与起始点的距离,其中, X= $\mu_x + \delta X$, Y= $\mu_y + \delta Y$ 。

X 与 Y 相互独立,且近似服从正态分布,即 X~N(μ_x, σ^2), Y~N(μ_y, σ^2),显然 $\delta X \sim N(0, \sigma^2)$, $\delta Y \sim N(0, \sigma^2)$ 。

$$\text{速度 } v_1 = \frac{X-Y}{t_1} = \frac{\mu_x - \mu_y + \delta X - \delta Y}{t_1} = \bar{v}_1 + \delta v_1, \text{ 取 } \delta v_1 =$$

$\frac{\delta X - \delta Y}{t_1}$,显然 δv_1 服从期望为 0,方差为 $2\sigma^2/t_1^2$ 的正态分布,即 $\delta v_1 \sim N(0, 2\sigma^2/t_1^2)$

在 n 组数据下,任意两点求速度得到了 n(n-1)/2 组速度,对这些速度值取平均值作为最终测量结果 v,即 $v = v_1 + v_2 + \dots + v_{n(n-1)/2}$,那么 v 对应的误差

$$\delta v \sim N\left(0, 2\sigma^2 \left(\frac{1}{t_1^2} + \frac{1}{t_2^2} + \dots + \frac{1}{t_{n(n-1)/2}^2} \right)\right)$$

显然服从数学期望为 0 的正态分布。根据大数定理,当统计量足够大时,统计所得到的值将无限接近于其数学期望。

根据以上分析结果,提出如下计算速度的公式:

假设任意时刻的浮标位置与起始点的距离为 s_i ,假设任意时刻的数据帧为集合 $p_i = (t_i, s_i)$,其中

$$s_i = d_i + \Delta d_i \quad (2)$$

式中: d_i 为真实定位距离; Δd_i 为定位误差。则任意从该集合中取两个元素 p_i, p_j ,求出对应的速度为:

$$v_{i-j} = \frac{S_j - S_i}{t_j - t_i} = \frac{d_j - d_i}{t_j - t_i} + \frac{\Delta d_j - \Delta d_i}{t_j - t_i} \quad (3)$$

GPS 一秒发送一次数据,因此对任意的 n 时刻,有 n 组数据(P_1, P_2, \dots, P_n),对该 n 组数据两两计算速度存入数组 v[],求出 $\frac{n \times (n-1)}{2}$ 个速度,求平均值就是我们的仪器最后给出的流速:

$$\bar{v}_n = \left(\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{S_j - S_i}{t_j - t_i} \right) / \left(\frac{n \times (n-1)}{2} \right) \quad (4)$$

速度的误差为:

$$\varepsilon = \left(\sum_{i=1}^{n-1} \sum_{j=i+1}^n \frac{\Delta d_j - \Delta d_i}{t_j - t_i} \right) / \left(\frac{n \times (n-1)}{2} \right) \quad (5)$$

4 误差分析

为了分析速度计算公式的有效性,需要在 Matlab 中把模拟的卫星定位误差随机加到理想数据中形成模拟的原始卫星数据,把得出的模拟结果与理想结果进行比较,从而可以确定计算公式是否有效的消除了定位误差对测速结果的影响。为此,先把定位误差进行分析验证,确定了定位误差的计算模型后,再进行速度算法的模拟仿真。

4.1 定位误差分析

系统选用的定位模块的定位精度为 2.5M RMS,即定位点有 67%的概率会落在以 2.5m 为半径的圆内。由几何关系可算得,对应的经度 J 和纬度 W 的误差为: $\Delta J = \arcsin(2.5/(R \cos(W)))$, $\Delta W = \arcsin(2.5/R)$ 。

由于 2.5m 远远小于地球半径,因此可以认为 $\Delta J \approx (2.5/(R \cos(W)))$, $\Delta W \approx 2.5/R$ 。

在 $\Delta W, \Delta J$ 都很小时,可以通过全微分来近似计

算 A,B 两点之间的定位误差 ΔL ,对式(1)求全微分得:

$$\Delta L \approx dL = L_x \Delta x + L_y \Delta y + L_j \Delta j + L_k \Delta k \quad (6)$$

式中: $\Delta x = 2.5 / (R \cos(y))$; $\Delta y = 2.5 / R$; $\Delta j = 2.5 / (R \cos(k))$; $\Delta k = 2.5 / R$ 。

在用全微分计算全增量时,为使全增量为最大值,需考虑到符号问题,此时应使用计算通式^[9],将式(6)修正成计算通式如下:

$$\Delta L \approx dL = |L_x| |\Delta x| + |L_y| |\Delta y| + |L_j| |\Delta j| + |L_k| |\Delta k| \quad (7)$$

考虑到 ZigBee 的有效传输距离大概为 2 000m,且浮标测流一般上下截面的距离不到 1 000m,现假定其为 1 000m,则浮标终端工作时,其经纬度的变化范围为 0 到 $(1\ 000/R)$ rad,本人所在地区的经纬度为东经 $112^{\circ}30'56''$,北纬 $37^{\circ}51'35''$,通过 matlab 往这个基本经纬度加随机数即构成 1 000m 范围内任意 A,B 两点的坐标。再把 A,B 坐标代入式(7)便可得到理论误差。这样的工作重复 50 次,得到 50 组数据,描绘出一条系统理论误差的随机分布曲线(见图 4)。

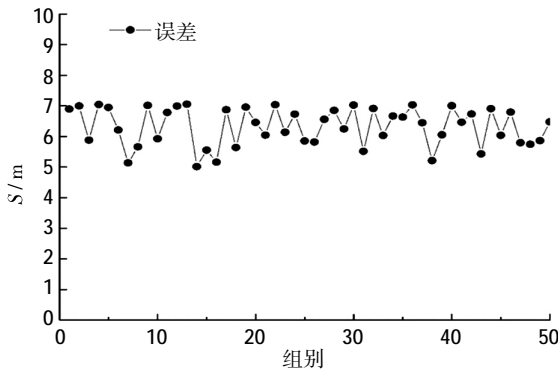


图 4 误差随机分布

Fig.4 The error random distribution

从图 4 可知,GPS 的最大定位误差 ΔL 在 5~7m 之间随机波动,这和所使用的定位芯片的精度(2.5M RMS)基本上吻合。为了验证分析的正确性,做了如下

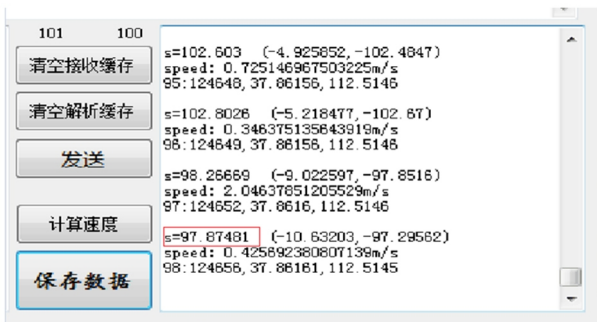


图 5 定位精度实验结果

Fig.5 The experimental results of positioning accuracy

实验:

由一个人持浮标终端从一点开始走,走过 100m,用定位模块测量出起点和终点的经纬度,根据两点的经纬度计算出两点之间的距离,上位机显示如图 5 所示。

由图 5 可知,下位机的测量结果为 96.68496m。在多次重复实验(9 组)后,结果见表 2。显然装置测量的距离与实际走过的距离误差在 0.3963~5.6466m,与理论分析的结果一致。

表 2 定位测量结果

Table2 The positioning measurement results

组别	测量结果	相对误差
1	105.6466	5.65%
2	104.5156	4.52%
3	96.44608	3.55%
4	99.34966	0.65%
5	100.3963	0.40%
6	97.87481	2.13%
7	100.4095	0.41%
8	96.68496	3.32%
9	101.113	1.11%

4.2 速度计算算法效果的 Matlab 仿真分析

假定真实速度是 3.7341 m/s,定位装置在该速度内走过 50s,每隔 1s 取一个数据,得到 50 组数据。把该 50 组数据存储在一个数组 num[50]中,再根据上文的误差公式在 100m 内随机生成误差对应加到 num[50]中,形成一组带误差的数据来模拟从 GPS 得来的定位数据。通过式(4)来处理该组数据得出流速,再与真实速度比较得出测量误差。同样的操作进行 50 次,计算出来的 50 组速度与真实速度比较,结果见图 6。

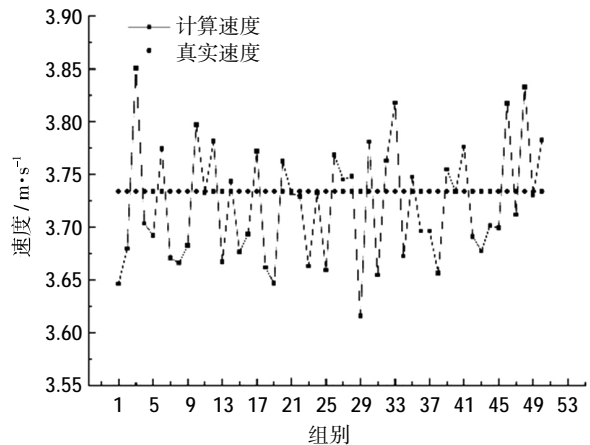


图 6 测速算法仿真结果

Fig.6 The simulated results of speed measurement algorithm

误差最大的点其相对误差为 3.10%，这样的误差足够满足水文工程的精度需求。

5 实验

5.1 通讯测试

在通讯距离为 460m 的两个地点，分别放置接收装置于起点，发送装置于终点，进行传包测试，并发送了 100 个包数据，接收结果统计见表 3。

表3 通讯测试结果
Table3 The communication testing results

接收成功	100
接收失败	0
误码率	0%

100 个数据包均接收成功，且经校核误码率为 0%。

5.2 测速实验

把下位机终端密封在防水盒中模仿其在水中实际的情况，由一个实验员 A 骑着电动车以匀速运动携带着防水盒在道路上移动，模仿其在河流中的运动。此时，实验员 B 手握秒表从浮标终端经过 100m 起点处时开始计时，到终点处停止秒表，得到走过 100m 的时间，如此过程重复 5 次，得到五组标准速度 v (见表 4)。同时，在远处(距离道路 400m 左右)实验员 C 在远处操作电脑的上位机(本操作与实验员 B 的实验同步进行)，在第 50 个数据发送过来后点击计算流速，同样操作重复 5 次得到五组系统速度 \bar{v} ，如表 4 所示。

表4 实验结果
Table4 The experimental results

组别	1	2	3	4	5
历时	26.25	28.47	26.90	29.18	26.19
标准速度 v	3.8095	3.5124	3.7174	3.4270	3.8138
系统速度 \bar{v}	3.7217	3.3899	3.6325	3.3169	3.6744

从表 4 可知，五组实验测得的误差分别为 2.3048%、3.4876%、2.2839%、3.2127%、3.7687%。装置的精度虽然相比仿真时的精度有一定的差距，但结果较为稳定，误差也满足水文工作要求。

6 总结

本文提出了一种基于 GPS 和无线传输技术的浮标测流追踪系统的设计方案，并从其原理入手分析了

该系统的可行性。对于该装置的定位精度，本文通过全微分近似代替定位误差的数学方法，建立了误差的计算公式，并通过实验验证了该公式的正确性；为了减少系统的定位误差对速度计算结果的影响，提出了一种可以减少定位误差的速度计算算法，并通过仿真结果验证了算法的可靠性。在完成了系统原型机的设计与制作后，本文在实地使用该系统测得了 5 组数据，数据结果证明了系统的速度测量精度能够满足工作需求，但是系统的稳定性和实效性依然有待提高。下一步我们将在现在的基础上优化电路和软件系统的设计，尽快使该系统能投入使用。

参考文献:

- [1] 郑建民,杨祯祥,郑飞. 洪水期浮标法测流应用研究[J]. 东北水利水电, 2016,34(2):33-34. (ZHENG Jianmin, YANG Zhenxiang, ZHENG Fei. Application of buoy method in flood period [J]. Water Resources and Hydropower of North China, 2016,34(2):33-34. (in Chinese))
- [2] 杨国德,贾俊亮,赵慧芳,等. 河道浮标测验方法改良初探[J]. 山西水利, 2006,(6):104-105.(YANG Guode, JIA Junliang, ZHAO Huifang, et al. Improvement of river channel buoy test method [J]. Shanxi Water Resources, 2006,(6):104-105. (in Chinese))
- [3] 梅超,潘红忠,徐小婷. 浮标测流方法改进研究[J]. 人民珠江, 2014,35(3):87-88. (MEI Chao, PAN Hongzhong, XU Xiaoting. Research on the improvement of buoy gauging method [J]. Pearl River, 2014,35(3):87-88. (in Chinese)).
- [4] 彭博,冯勇,刘洪臣. 基于 GPS 与 GSM 的车辆定位追踪系统[J]. 沈阳理工大学学报, 2005,(3):76-79. (PENG Bo, FENG Yong, LIU Hongchen. Vehicle positioning and tracking system using GPS and GSM [J]. Journal of Shenyang Ligong University, 2005,(3):76-79. (in Chinese))
- [5] 翟万林,陈春涛,朱建华,等. 基于 GPS 浮标的高度计定标技术研究[J]. 遥感技术与应用, 2016,31(5):925-929. (ZHAI Wanlin, CHEN Chuntao, ZHU Jianhua, et al. Research of calibration of satellite altimeter technology based on GPS buoy [J]. Remote Sensing Technology and Application, 2016,31(5):925-929. (in Chinese))
- [6] 陈春涛,闫龙浩,张晓旭,等. 基于 GPS 的高度计海面高度定标浮标设计[J]. 中国工程科学, 2014,16(6):109-112. (CHEN Chuntao, YAN Longhao, ZHANG Xiaoxu, et al. Design of buoy for the calibration of altimeter sea surface height based on GPS [J]. Engineering Sciences, 2014,16(6):109-112. (in Chinese))
- [7] 陈春涛,翟万林,张倩,等. 基于 GPS 的测高浮标的设计、研制与测试[J]. 海洋技术学报, 2014,33(1):102-108. (CHEN Chuntao, ZHAI Wanlin, ZHANG Qian, et al. Design, manufacture and test of sea surface height buoy for altimeter calibration based on the global positioning system [J]. Journal of Ocean Technology, 2014,33(1):102-108. (in Chinese))

- [8] 汪渝. 基于 GPRS 技术海上溢油跟踪 GPS 浮标的研究[D]. 大连:大连海事大学, 2007.(WANG Yu. Research of GPS Buoy for Spill Oil Training Based on GPRS Technique [D]. Dalian: Dalian Marine University, 2007. (in Chinese))
- [9] 康作宁,黄刘生,徐宏力,等. 高速公路 ZigBee 通讯主动安全系统研究与实现[J]. 小型微型计算机系统, 2018,39(1):116-121. (KANG Zuoning, HUANG Liusheng, XU Hongli, et al. Research and design of active safety system for expressway based on ZigBee [J]. Research and Design of Active Safety System for Expressway Based on ZigBee, 2018, 39(1):116-121. (in Chinese))
- [10] Lee Jin-Shyan, Su Yuwei, Shen Chung-Chou. A comparative study of wireless protocols: bluetooth, UWB, ZigBee, and Wi-Fi [J]. Industrial Electronics Society, 2007,(7):46-51.
- [11] 周阳,周美娇,黄波,等. 基于 C# 的串口通信系统的研究与设计 [J]. 电子测量技术, 2015,38(7):135-140. (ZHOU Yang, ZHOU Meijiao, HUANG Bo, et al. Research and design of serial communication system based on C# [J]. Electronic Measurement Technology, 2015,38(7):135-140. (in Chinese))
- [12] 姜拓,张剑平. 基于 C# 的数据采集系统上位机软件设计与实现[J]. 电子测试, 2009,(9):58-61. (JIANG Tuo, ZHANG Jianping. Design and implement for user control software of data acquisition system based on C# [J]. Electronic Test, 2009,(9):58-61. (in Chinese))
- [13] 徐泰,刘庆华,申继鹏,等. 基于 C# 的数据处理与分析的上位机软件设计 [J]. 电脑编程技巧与维护,2015,(5):19-21. (XU Tai, LIU Qinghua, SHEN Jipeng, et al. Design for user control software based on C# data processing and analysis [J]. Computer Programming Skills & Maintenance, 2015,(5):19-21. (in Chinese))
- [14] 张昱霖. 基于 ZigBee 模块和 C# 的上位机研究与实现 [J]. 数字技术与应用,2017,(5):53. (ZHANG Yulin. Research and implementation based on ZigBee module and C# user control computer [J]. Digital Technology and Application, 2017,(5):53. (in Chinese))
- [15] 李伟. 基于 ZigBee 的单片机无线通信系统实现[J]. 电子设计工程, 2014,22(22):157-159. (LI Wei. An wireless communication system of MCU based on ZigBee protocol [J]. Electronic Design Engineering, 2014,22(22):157-159. (in Chinese))
- [16] 张雁琳. 基于 Arduino 的 ZigBee 无线传感节点的硬件设计 [J]. 电子设计工程, 2015,23(24):162-165. (ZHANG Yanlin. Design of a ZigBee wireless sensor node hardware circuit based on Arduino [J]. Electronic Design Engineering, 2015,23(24):162-165. (in Chinese))
- [17] 任秀丽,于海斌. ZigBee 无线通信协议实现技术的研究[J]. 计算机工程与应用, 2007,43(6):143-145. (REN Xiuli, YU Haibin. Study of realizing technology on ZigBee wireless communication protocol [J]. Computer Engineering and Applications, 2007,43(6):143-145. (in Chinese))
- [18] 刘力荣,李瀚. GPS 坐标与方向、距离相互转换的计算公式推导[J]. 南方农机,2018,49(14):106. (LIU Lirong, LI Han. The calculation formula deprivation of the interconversion between GPS coordinate, direction and distance [J]. China South Agricultural Machinery, 2018,49(14):106. (in Chinese))
- [19] 周洋,元瓷,李大磊. 微分法计算定位误差的分析与探讨[J]. 河南教育学院学报(自然科学版), 2018,27(4):46-48. (ZHOU Yang, YUAN Ci, LI Dalei. Analysis and discussion on calculation of positioning error by differential method [J]. Journal of Henan Institute of Education(Natural Science Edition), 2018,27(4):46-48. (in Chinese))

Research on GPS Float Tracking Measurement System

LU Haiwen, WU Lisheng, WANG Zhiwen

(College of Mechanical and Vehicle Engineering, Taiyuan University of Technology, Taiyuan 030024, China)

Abstract: In order to improve the accuracy of the traditional float gauging, release the labor force and ensure the safety of hydrologists, this paper proposed a design scheme of automatic buoy monitoring system based on GPS positioning technology and ZigBee wireless transmission technology, including the design of buoys structure, software and hardware. Using full differentials to calculate the theoretical positioning error of the device, the actual positioning error is proved by experiment to be consistent with the theoretical calculation, and the calculation algorithm of velocity can effectively eliminate the positioning error by using the method of calculating the speed and averaging it several times under a certain amount of data. After simulation and test verification, the speed measurement accuracy of the device can meet the needs of hydrologic current measurement, and provide a theoretical basis for the further study of the buoy automatic gauging.

Key words: GPS; ZigBee; buoy; flow rate; total differentiation; matlab simulation