

一种超低量程浊度传感器设计与实现^{*}

胡晓力, 余 名, 莫 斌, 唐云建

(重庆市科学技术研究院 重庆 401123)

摘 要: 针对饮用水浊度检测, 设计了一种超低量程浊度传感器。该浊度传感器采用独特结构环形的光电转换器, 极大程度增加了信噪比。同时对光源镜片温度进行控制, 消除了透光镜片起雾与光源不稳定引起的检测误差, 进一步保证了浊度检测的准确性。最后, 采用卡尔曼滤波算法对采集数据进行处理, 消除高斯噪声对传感器的影响。

关键词: 超低量程浊度检测; 在线监测; 卡尔曼滤波

中图分类号: TH 744

文献标识码: B

文章编号: 1000-9787(2014)08-0116-03

Design and realization of an ultra low range turbidity sensor^{*}

HU Xiao-li, YU Ming, MO Bin, TANG Yun-jian

(Chongqing Academy of Science & Technology, Chongqing 401123, China)

Abstract: For detecting turbidity of drinking water, design an ultra low range turbidity sensor. The turbidity sensor adopts unique ring structure of photoelectric converter, significantly increase signal-to-noise ratio. At the same time, control temperature of light lens, eliminate detection error caused by fog and instability of light source, ensure accuracy of turbidity detection. Finally, eliminate effect of Gaussian noise on sensor by adopting Kalman filtering algorithm to process acquired datas.

Key words: ultra low range turbidity detection; on-line monitoring; Kalman filtering

0 引 言

浊度是水体光学性质的一种特征参数, 它不但是衡量水质良好程度的重要指标之一, 也是考核水处理效果的重要依据。因此, 对水体浊度的在线检测具有非常重要的现实意义。

浊度分析的方式可分为: 透射方式、散射方式。散射方式与透射方式相比, 在低浊度测量时具有灵敏度高、检测下限低的优点^[1-2]。目前针对水体的浊度检测主要采用散射法进行检测。文献[3]公开了一种利用散射法进行浊度检测的浊度传感器, 由于结构设计的原因, 该浊度传感器的检测性能会受到外界因素的干扰较大, 降低了检测精度与可靠性。文献[4]设计了散射式水下在线浊度传感器, 该传感器具有水下在线测量、浊度标定、数据存储等功能, 具有较高的精度, 但未考虑天气因素造成光源部分出现雾状的情况。针对上述浊度传感器存在的问题, 本文提出了一种超低量程浊度传感器, 在光源部分增加了加热片, 将光源部分的镜片维持在一个恒定的温度, 克服了光源部分出现雾状的情况, 提高了浊度传感器检测的准确性, 并采用卡尔曼

滤波算法对浊度值进行处理, 消除高斯噪声对浊度传感器的影响, 更进一步提高了浊度传感器检测的准确性。

1 传感器结构设计

传感器的结构如图 1 所示, 浊度传感器由上部壳体、下部壳体、检测控制集成电路、光源和光电转换器件等组成。检测控制集成电路采用单片机、嵌入式芯片等微处理器为核心的集成电路, 用于对浊度检测过程进行控制和数据采集并处理输出浊度检测结果; 光源采用的是激光二极管, 激光二极管向下射出光速的方向与水通道管的中轴线在同一直线, 这样使得光束被水体散射后在水通道管侧壁各方向的散射光强度均衡, 减少散射光检测的误差; 光电转换器件为环形, 如图 2 所示, 光电转换器件由数个光电转换单元串接形成环形, 这使得环形的光电转换器件可以 360°地采集水体的散射光, 最大限度增加了对散射光的有效接收量, 提高了信噪比。本浊度传感器采用了独特的结构设计, 光源和透光通孔设置于上部壳体内, 作为水体浊度检测区域的水通道管设置于下部壳体内, 上部壳体与下部壳体之间具有一横向贯通的凹陷空腔, 该凹陷空腔使得上部壳体和

收稿日期: 2014-01-06

^{*} 基金项目: 重庆市科技攻关计划资助项目 (CSTC2012GG-SFGC40002); 重庆市科研院所创新能力建设计划资助项目 (CSTC2012PT-KYYS40002)

下部壳体之间具有一个开放式的隔离区,从而可以大幅减少,甚至避免光源处的透光镜片直接与待检测水体接触,尽可能地避免了水体中的污物附着在透光镜片上而影响浊度检测的准确性。本传感器的上部壳体内还安装了电热元件和温度传感器,通过加热防止透光镜片凝结水雾,消除了透光镜片起雾对检测的影响,同时可以利用温度传感器进行温度监控,防止过热对器件的寿命产生影响。

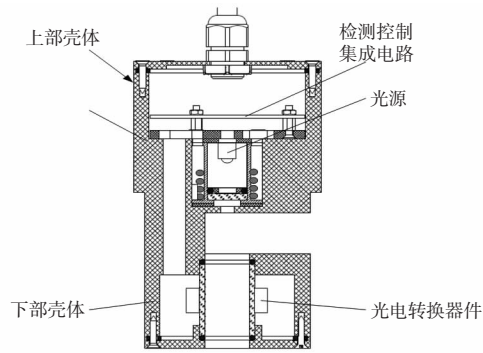


图 1 传感器的结构图

Fig 1 Structure of sensor

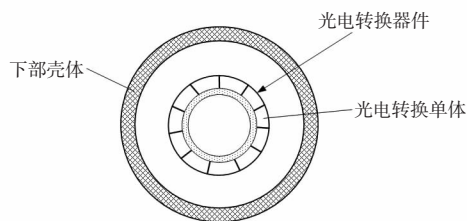


图 2 环形的光电转换器

Fig 2 Ring structure of photoelectric converter

2 传感器的工作原理

ISO 7027 中规定:浊度表示的是水中悬浮物物质与胶态物质对光线透过时所发生的阻碍程度(或发生的散射现象)。超低量程浊度传感器采用散射法进行检测,其检测原理是:使用光源将一束固定波长的入射光射入待测的水体中,入射光照射到水体中悬浮的粒子时发生散射,水体越浑浊则光的散射越明显,采用光电池等光电转换器件从与入射光呈 90°的方向上检测散射光强度,根据散射光强度与水体浊度的换算关系检测出水体浊度。传感器具体的工作步骤如下:

- 1) 检测控制集成电路获取温度传感器检测的温度,判断温度传感器检测的温度是否达到预设定的温度阈值 T ;若是,则立即执行步骤(2);否则,检测控制集成电路控制启动电热元件,对透光镜片进行加热,直至温度传感器检测的温度达到预设定的温度阈值 T 时,关闭电热元件,然后执行步骤(2);
- 2) 检测控制集成电路控制开启光源,等待预设定的光源稳定延时 Δt_1 后,执行步骤(3);
- 3) 检测控制集成电路采集一次光电转换器件的输出电

压值,并判断当前采集光电转换器件输出电压值的次数是否已达到预设定的求均值次数 N ;若是,则执行步骤(4);否则,执行步骤(5);

4) 检测控制集成电路计算最近 N 次采集的光电转换器件输出电压值的平均电压值,根据预设定的浊度检测拟合函数将所述平均电压值转换为浊度检测值,并通过信号输出端输出浊度检测值;然后执行步骤(5);

5) 检测控制集成电路控制关闭光源,等待预设定的光源休眠延时 Δt_2 后,返回执行步骤(1)。

在水体浊度检测中,温度阈值 T 的取值范围为 35 ~ 45 °C,均值次数 N 的取值范围为 10 ~ 30,光源稳定延时 Δt_1 的取值范围为 300 ~ 600 ms,光源休眠延时 Δt_2 的取值范围为 5 ~ 15 s。

3 传感器的性能测试

本实验采用 Formazine 标准浊度液,浊度液单位为 NTU^[5,6]。为使测量过程更为简单,本次测量在第一次测量时采用了 UP 水(UP 水浊度值趋于 0),随后逐次增加 0.2 NTU,对 33 种不同的浊度值进行测定,表 1 为测试实验室数据,图 3 为浊度值与电压的关系图。

表 1 传感器性能测试实验数据

Tab 1 Experimental data of sensor performance test

序号	浊度(NTU)	电压(mV)	序号	浊度(NTU)	电压值(mV)
1	趋于 0	14.014	10	3.6	1450.292
2	0.4	186.120	11	4.0	1621.724
3	0.8	344.293	12	4.4	1790.901
4	1.2	507.224	13	4.8	1977.451
5	1.6	721.391	14	5.2	2174.811
6	2.0	852.357	15	5.6	2274.857
7	2.4	993.402	16	6.0	2442.960
8	2.8	1095.140	17	6.4	2496.682
9	3.2	1276.919	-	-	-

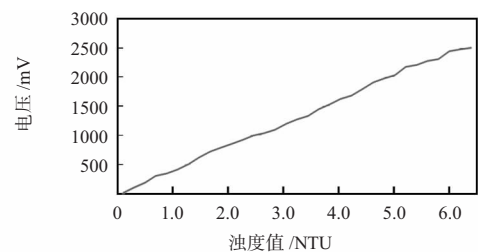


图 3 浊度值与电压关系图

Fig 3 Relationship diagram of turbidity value and voltage

从图 3 可看出:浊度传感器的浊度值与输出电压呈现较好的线性关系,为进一步改善传感器的测量精度,采用卡尔曼滤波对输出的数据进行处理。

4 基于卡尔曼滤波的浊度传感器信号处理

卡尔曼滤波是以最小均方误差为估计的准则,可根据系统的量测值来消除随机干扰,再现系统的状态^[7,8]。针

对本文的浊度传感器的特性,将浊度值与电压的关系进行线性拟合,状态模型为

$$x(k) = x(k-1) + u + w(k),$$

$$y(k) = 396.6x(k) + 36.91 + v(k).$$

其中 $x(k)$ 为浊度传感器的浊度值,是待估计量, $u = 0.2$ 为控制量, $w(k)$ 为扰动噪声,一般认为是零均值的高斯白噪声,方差为 δ^2 , $y(k)$ 为浊度传感器的输出电压, $v(k)$ 为测量误差,均值为 0,方差为 δ_k^2 。从图 4 中可以看出:卡尔曼滤波以后,浊度传感器的线性化程度更好。

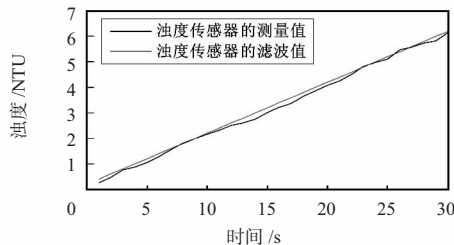


图 4 基于卡尔曼滤波的浊度传感器输出时序图

Fig 4 Output timing diagram of turbidity sensor based on Kalman filtering

5 结论

本文讨论了一种超低量程浊度传感器设计,与现有的浊度传感器不同的是,本传感器在光源部分增加了加热片,用以消除透光镜片起雾对检测的影响,采用环形的光电转换,360°采集水体的散射光,最后对采集结果进行卡尔曼滤波。实验结果表明:采用加热片后,提高了浊度检测的精

度,而采用环形光电转换,最大限度地增加散射光的有效接受量,同时经过卡尔曼滤波处理后的数据,线性化程度更好,说明设计的浊度传感器具有高精度与高稳定性。

参考文献:

- [1] 高平. 散射光式在线浊度测量的研究[D]. 上海: 上海大学, 2002: 1.
- [2] 朱泽昊, 张扶人. 浊度测量中两种基本方法的比较[J]. 西南师范大学学报, 1995, 20(2): 148-153.
- [3] 李道亮. 自清洗智能浊度传感器: 中国, 200920350660. 7 [P]. 2010-09-15.
- [4] 杨健, 陶正苏. 散射式水下在线浊度传感器设计[J]. 传感器与微系统, 2007, 26(12): 72-74.
- [5] 任永琴. 海水浊度测量传感器研究[J]. 海洋技术, 2004, 23(4): 29-31.
- [6] 蔡大川, 冉文清. 浊度计测量结果不确定度分析[J]. 中国测试技术, 2005, 31(3): 42-44.
- [7] Joseph J, LaViola Jr. A comparison of unscented and extended Kalman filtering for estimating quaternion motion [C]// Proceedings of the 2006 American Control Conference, IEEE, 2006: 2435-2440.
- [8] 张勇, 史志科, 戴冠忠, 等. 离散系统的鲁棒卡尔曼滤波新方法[J]. 控制理论与应用, 2000, 17(4): 505-508.

作者简介:

胡晓力(1982-), 男, 河南信阳人, 硕士研究生, 主要研究方向为并行计算。

(上接第115页)

定位节点的两人外,内部还有其他顾客正常走动。移动节点每2s进行一次定位计算,节点间安全距离设为8m,超过此距离时,系统记录孩子节点的位置信息并发送报警邮件。定位误差表示实际位置和测量位置的平面距离,实验部分结果如表1所示。

表1 部分实验结果图

Tab 1 Partial experimental results

序号	实际位置(m, m)	测量位置(m, m)	误差(m)	节点是否在监控画面上
1	(4.0, 3.6)	(5.2, 3.5)	1.204	是
2	(5.4, 12.0)	(4.9, 13.4)	1.487	是
3	(18.2, 8.4)	(17.2, 9.7)	1.640	是
4	(8.0, 12.1)	(8.9, 10.9)	1.500	是
5	(16.0, 6.6)	(14.2, 7.1)	1.868	是
6	(3.5, 14.0)	(4.9, 15.8)	2.280	是
7	(25.0, 15.1)	(22.3, 13.2)	3.300	否
8	(16.5, 9.7)	(14.1, 8.4)	2.729	是

实验结果表明:当移动节点在参考节点群的内部时,定位精度较好;反之,则可能产生一定的偏差(如序号7#),当定位误差在3m以内时,被保护人将出现在摄像机监控画面内,可清晰识别。

6 结束语

本文将无线传感网络技术应用在商城智能监控系统中,可以有效实现防止孩童在商城内走丢、脱离父母视线的功能,可对目标实时定位做出判断,防止事故发生,在商业化智能商区监控应用中具有一定的实际意义。与同类产品相比,这种将无线传感网络与360°水平旋转摄像机相结合的新型监控系统合理利用了商城现有的监控资源,其结构简单,对定位精度要求相对较低,具有实时事件监控报警和处置功能,系统运行和维护费用较低,社会应用前景良好。

参考文献:

- [1] 林洪文, 涂丹, 李国辉. 基于统计背景模型的运动目标检测方法[J]. 计算机工程, 2003, 29(16): 97-99.
- [2] 郭永涛, 宋焕生, 贺昱曜. 视频交通监控系统中背景提取算法[J]. 电视技术, 2006(5): 91-93.
- [3] 印勇, 王亚飞. 基于空间领域相关性的运动目标检测方法[J]. 光电工程, 2009, 36(2): 1-5.
- [4] Yang Shengyan, Hsu Chiou-Ting. Background modeling from GMM likelihood combined with spatial and color coherency [C]// IEEE International Conference on Image Processing, Atlanta: IEEE, 2006: 2801-2804.

作者简介:

阮逸润(1989-), 男, 福建莆田人, 硕士研究生, 主要研究领域为传感技术、信息路径传播。