

激光通信在光电经纬仪中的应用

Application of laser communication in photoelectric theodolite

(1.长春光学精密机械与物理研究所 2.中国科学院研究生院)高岩^{1,2} 乔彦峰¹ 蔡盛^{1,2}

GAO YAN QIAO YANFENG CAI SHENG

摘要:提出了一种采用近距离激光通信系统来代替经纬仪上导电环这一结构进行机上、机下部分的信号传输,并以单路通信实验对该方案进行了验证。本方案的提出,将改变光电经纬仪内部数据传输的传统形式,增加通信带宽,减小设备的体积,使之适合于光测设备未来发展的要求。

关键词:光电经纬仪;激光通信;导电环;数字视频;信号传输

中图分类号:TN929.12

文献标识码:A

Abstract:In this paper, a laser communication system in short distance is proposed to implement signal transmission between on-board and under-board in photoelectric theodolite in place of conducting ring. And this scheme is verified by signal-channel experiment. Application of this scheme will change the traditional internal datum transmission mode in photoelectric theodolite, enlarge the communication bandwidth and enlighten the equipment volume. All these advantages will make it fit better to meet the development tendency of photoelectric measurement equipments.

Key word:photoelectric theodolite, laser communication, conducting ring, digital video, signal transmission

1 引言

大型靶场光学跟踪测量设备在我国常规武器的试验定型中发挥着重要的作用。为了提高测量设备的可靠性,光测设备需同时采用多传感器探测目标。传感器主要由高帧频的数字相机构成,势必产生大量数据信息。目前的大型靶场光测设备采用导电环结构进行机上旋转部分和机下固定部分之间的信息传输。但导电环自身存在信号带宽窄、响应频率比较低等缺点,已经越来越不适应设备发展的需要。鉴于激光通信具有带宽高、容量大、抗电磁干扰性强等优点,本文提出了一种采用近距离激光无线通信系统来代替导电环这一结构进行光测设备机上和机下部分的信号传输的方案,并对方案进行了原理性验证。

2 系统工作原理

光电经纬仪是涉及光学、精密机械、电子、伺服控制、信息和计算机技术的综合性光学测量设备。工作时,首先捕获目标进入视场,然后伺服跟踪系统捕获锁定的目标,并进行跟踪,使目标一直处于光学测量视场内,同时测量数据。各部分系统进行统一协调工作就要有大量的信息、数据在机上旋转部分和机下固定部分之间进行传输、交换。

系统原理方案示意图如图1所示。从靶场末端出来的信号往往是多路、并行传输的,首先要经过数据编码模块转换成串行的低压差分信号,送到激光发射驱动模块,驱动激光器发光,激光器发射出来的光束经光学系统扩束后送到大气中传输。光束到达接收端后由光学接收系统进行会聚,送到光电探测器将光信号转换成电信号,然后经过光接收模块进行放大整形,整形后的信号经解码模块进行串/并行转换,恢复成原来的并行信号送到接收处理终端。

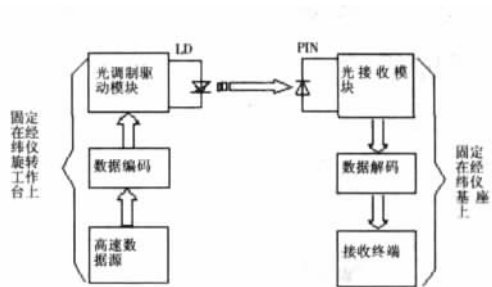


图1 系统原理方案示意图

3 系统组成部分

实验系统主要由信号源部分、光发射子系统、光接收子系统、计算机等几部分组成。

3.1 数字信号源

信号源采用 ATMEL 公司的数字相机 ATM1M60,这是黑白标准数字摄像头,能够输出非常高质量的图像画面。像面尺寸为 1/2 英寸,传感器类型为 CMOS,像素时钟频率为 75Hz,工作模式为场模式/帧模式(可选)。在分辨率(H x V)为 1312 x 1024 时,帧频是 48fps,在分辨率(H x V)为 1024 x 1024 时,帧频是 60fps。本方案中,相机在帧模式下工作。该相机输出模式为标准 Camera Link 接口,采用低压差分信号 LVDS 格式传输数据,将 28 路 TTL 数据按 7:1 转换成 4 路 LVDS 数据格式进行传输。

3.2 光发射子系统

3.2.1 激光器

激光器的好坏直接影响通信质量,它的选择非常重要。与气体激光器、固体激光器相比,半导体激光器具有体积小、质量轻、效率高、易调整、寿命长等优点。并且从波段选择来说,应该选择存在大气高透过窗口的波段。因此本系统采用韩国三星 SLD-780 型半导体激光器。

高岩:在读博士

SLD-780 型半导体激光器内部有一个激光器(LD)和一个光电接收二极管,二极管用于监视激光器发光的强弱。LD 的主要参数:波长为 780 nm;功率为 10mW;工作电流 65mA;工作温度为 50~70℃;光束发散角:垂直 $<25^\circ$,水平 $<15^\circ$ 。

3.2.2 发射系统的电路设计

发射电路主要由 2.5Gbps 芯片 MAX3273 及相关的电路组成。MAX3273 可接受差分 CML 电平的时钟和数据输入,单+3.3V 供电,带自动功率控制(APC)等功能,如图 2 所示。

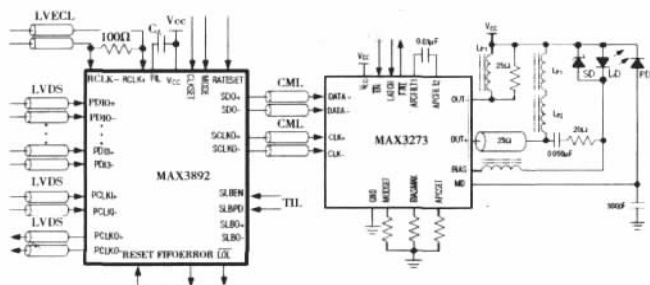


图 2 激光器调制驱动电路

MAX3892 的作用是将相机输出的 4 路 LVDS 并行数据以及 1 路时钟信号重新编码,转换成串行差分格式,转换后的差分信号送到驱动模块 MAX3273 驱动激光器发光。驱动模块设置了激光器静态工作电流偏置电路。偏置电流 BIAS 是镜像电流源的输出,为使激光器的输出信号有良好的消光比,偏置电流 BIAS 应略小于激光器的阈值电流。这个偏置电流的大小通过调节 BIASMAX 与地之间的电阻来完成。在偏置电路输出端增加一个大电感构成偏置补偿电路,以消除因芯片管脚所具有的寄生电容的影响。激光器内部的监视二极管 PD 是用来监视激光器发光强弱的。PD 将激光器的光强变化转换成电流,反馈作用于激光器,从而保证输出稳定的光功率^[3]。在激光器(LD)两端并联一只肖特基二极管,能有效地将负向短脉冲(即浪涌)短路,防止破坏半导体激光器。

3.3 光电接收子系统

光接收子系统由光电探测器、互阻放大器、限幅放大器以及时钟-数据恢复单元组成。

3.3.1 光电接收探测器

从大气光通信的原理看,提高信号接收灵敏度比提高激光器的发射功率更有效。因为 SLD-780 型半导体激光器功率只有 10mW,只有提高接收灵敏度,才不会增加系统的体积、质量和复杂性,大气传输光通信机的小型化才能得以实现。本系统采用单+3.3V 供电的 PIN 管。它具有很高的灵敏度,主要参数如下:探测波长范围 350~1100nm,响应率 $0.7 \mu A/mW \cdot mm^2$,反向击穿电压在 $10 \mu A$ 时为 -80V,响应时间为 4ns(典型值),工作温度在 0~70℃,暗电流在 -20V 时为 1.4nA。

3.3.2 光电接收电路

本方案中的光电接收电路如图 3 所示,该电路带有自动增益控制。由 2.125Gbps 低功率芯片 MAX3277 组成前置放大器,这是个跨阻放大器,3.3V 单电压供电,它的作用是将光电探测器输出的电流进行放大,并转换为可测量的差分电压。后级放大器由限幅放大器 MAX3274 及其相关器件构成。经前置放大器放大后的差分信号,首先到达 MAX3274 进行限幅放大,限幅放大器的作用类似于“判决”电路。为提高接收灵敏度和功率检测精度,在限幅放大器上有一个偏置校正环。自动增益控制部

分由芯片 MAX3861 来完成。它的作用是使所传输的数据保持一定的电压幅度。

根据后续电路的输入要求,MAX3861 的输出端可以接不同的接口转换网络。这里我们接了个串行/并行转换芯片 MAX3882,这是一个带有数据-时钟恢复单元的接口芯片,它可以将限幅放大器出来的串行信号转换成 4 路并行的 LVDS 信号,并恢复出时钟信号。分离出来的时钟送到后面的逻辑控制单元,逻辑控制单元由 FPGA 完成。

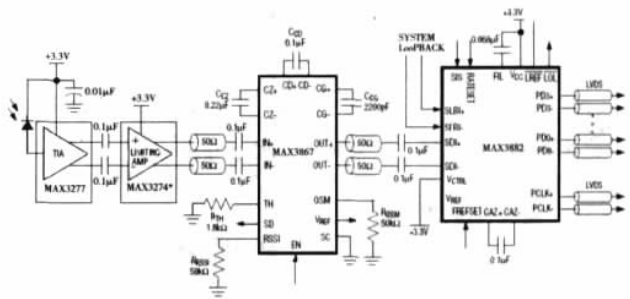


图 3 光电接收电路

3.4 发射端和接收端的光耦合

发射端与接收端部分的光学连接采用一对光纤准直器来进行光耦合。光纤准直器的作用是对光信号进行扩束,增大光信号有效耦合面积,并能使其出射的光信号以近乎平行光的形式传输。

如图 4 所示,上面的光准直器与经纬仪的方位轴连接在一起,相对固定不动,下面的光准直器相对于经纬仪的基座不动。经纬仪上的数据采集系统获得的数据经过电光转换后,通过光纤传输至与方位轴相连的光准直器,光信号经光准直器扩束和准直后,进入下方与基座相对固定的光准直器,再经过此光准直器聚焦后进入光纤继续传输。至此,光信号由光发射端连续的传输至光接收端。

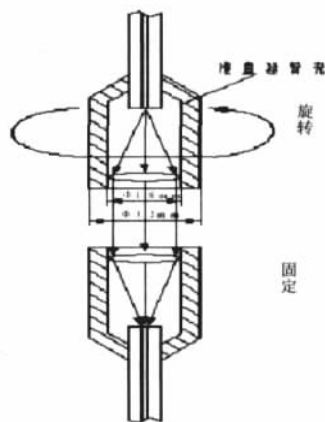


图 4 光耦合原理

4 实验验证及结论

系统的设计正确与否,需要实验来验证。建立系统联调的实验平台如图 5 所示。

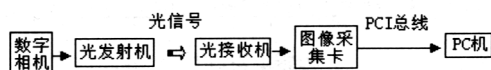


图 5 系统实验平台

(下转第 271 页)

噪问题。

本文作者创新点:采用小波多分辨率分解与重构和非线性阈值处理相结合的去噪法,去除了 OFSMI 信号中的高频噪声。此方法快速、高效。

参考文献

- [1]W.M.Wang, W.J.O.Boyle, K.T.V.Grattan. Self-mixing interference in a diode laser:experimental observation and theoretical analysis[J]. Apple.Opt, 1993, 32(9):1551~1558.
 - [2]禹延光,程明,强锡富.多重光反馈的激光自混合干涉[J]. 光学学报, 2001, 21 (9):1093~1098.
 - [3]Donati S,Guiliani G,Merlo S.Laser diode feedback interferometer for measurement of displacements without ambiguity[J]. IEEE J. Quantum Electron, 1995, 31 (1): 113~119.
 - [4]陆敏,王鸣,郝辉.半导体激光器的自混合散斑干涉测量流体速度[J].光学学报, 2005, 25(2):190~194.
 - [5]Yanguang Yu, Guido Giuliani, Silvano Donati. Measurement of the Linewidth Enhancement Factor of Semiconductor Lasers based on the Optical Feedback Self-Mixing Effect [J].IEEE Photonics Technology Letters, 2004, VOL16:990~992.
 - [6]U.Kruger,K.Kruger.Simultaneous measurement of the linewidth, linewidth enhancement factor, and FM and AM response of a semiconductor laser[J]. Journal of Lightwave Technology, 1995, 13(4): 592~597.
 - [7]潘泉,张磊,孟晋丽,等.小波滤波方法及应用[M].北京:清华大学出版社, 2005.
 - [8]飞思科技产品研发中心.Matlab7 辅助小波分析与应用[M].电子工业出版社, 2005.
 - [9]张秀秀,赵薇,李封,等.3 准则在心电信号小波消噪处理中的应用[J].机械设计与制造, 2006, (11), 107~109.
 - [10]何蕾,李卫国,谭顺涛.局放脉冲信号的三种小波去噪方法的研究[J].继电器, 32(6):31~34.
 - [11]张黎,王立克,杨峰,等.小波阈值图像去噪研究与应用[J].微计算机信息, 2006, 22 - 30:293~295,238.
- 作者简介:袁秀娟(1978-),女,河南郑州人,硕士研究生,主要从事新型传感理论与技术和数字信号处理方面的研究;叶会英(1966-),女,河南郑州人,郑州大学信息工程学院教授,硕士生导师,主要从事新型传感理论与技术和数字信号处理方面的研究;禹延光(1964-),女,河南郑州人,郑州大学信息工程学院教授,硕士生导师,主要从事新型传感理论与技术和数字信号处理方面的研究。
- Biography:Yuan Xiujuan (1978-),female,henan,Information Engineering College Zhengzhou University, master, Major in telecommunication and information system.
- (450052 郑州 郑州大学信息工程学院)袁秀娟 叶会英 禹延光
通讯地址:(450052 郑州 郑州大学信息工程学院)袁秀娟

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)

(上接第 157 页)

参考文献

- [1]钱建强,王东生,李鑫等.热轧中板宽度智能检测仪[J].仪器仪表学报, 2001,22(3):128~129
- [2]陈江宁,朱超甫,陈工等.宽厚钢板的宽度测量[J].传感器世界, 2001,7:23~26
- [3]陈京德,叶红,汤建民等. GCK- 光电测宽仪原理及硬件系统[J]. 工业计量, 1999,(s1):410~411

[4]刘艳玉,李德良,张飞龙,王长龙. ADS7852 在双目测距中的应用[J].微计算机信息, 2006,11:200~202

作者简介:查成东(1977-),男(汉族),安徽合肥人,北京科技大学博士研究生。主要研究方向是计算机视觉及智能检测;王长松(1948-),男(汉族),北京人,北京科技大学教授。主要研究方向是机电一体化及系统仿真。

Biography:ZHA Chengdong (1977-), male (Han), Hefei City, Anhui Province, University of Science and Technology Beijing, Post graduate. Main research fields: Computer Vision and Intelligent Detection.

(100083 北京 北京科技大学机械工程学院) 查成东 王长松 崔巍

通讯地址:(100083 北京 北京科技大学 653 信箱)查成东

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)

(上接第 173 页)

实验中,相机以分辨率为 1024×1024,帧频为 60 fps 的模式进行工作。相机发出的图像数据经光发射机转换成光信号后到达接收机,经接收机恢复成原来的图像数据,并分离出时钟控制信号,然后将图像数据流通过图像采集卡送给计算机进行显示。图像采集卡与计算机之间的接口是基于 PCI 总线的。

经过调试,在显示器上得到的图像效果清晰、连续,实验中实际传输的数据率达 600Mbps 以上。光电经纬仪旋转平台任意旋转对系统的接收结果没有影响。因此,该方案是可行的。其它条件对通信质量的影响还没有进行测试和理论分析,在以后的工作中将继续进行深入的研究。

本文的创新点:用激光通信代替了经纬仪上的导电环传输高速数据,增加了传输带宽。系统方案经验证得到了预期效果。

参考文献:

- [1]左韬,艾勇.基于 USB 接口的激光无线通信系统[J].光通信技术, 2004, 1:49~50.
- [2]韩红霞,曹立华等.光纤通信在数字化经纬仪中的应用[J].长春理工大学学报, 2005, 28(2):20~22.
- [3]Maxim.MAX3273 Laser Driver[Z].Sunnyvale, USA:Maxim Integrated Products Inc, 2005.
- [4]王天哲,延凤平,简水生.光通信网络中路由与波长分配的算法研究[J].微计算机信息, 2006, 4- 3:137~140.

作者简介:高岩(1975-),女(汉族),辽宁锦州人,长春光机所在读博士,主要研究方向为高速数字通信技术;乔彦峰(1962-),男(汉族),吉林长春人,长春光机所光电测控部研究员,博士生导师,主要研究方向为光电测试技术,负责光电测控部多个军方大型课题的研发工作,有着多年从事机电一体化军工产品系统设计的经验。

Biography:Gao Yan (1975 -),Female,Jinzhou City Liaoning province, PHD candidate in Changchun Institute of Optics and Fine Mechanics, CAS, majored in high speed digital communication.

(130033 长春 长春光学精密机械与物理研究所)高岩 乔彦峰 蔡盛

(中国科学院研究生院)高岩 蔡盛

通讯地址:(130033 长春 长春光学精密机械与物理研究所)高岩

(收稿日期:2008.1.5)(修稿日期:2008.3.5)