

文章编号:1007-2780(2012)02-0267-04

空间光通信中高帧频相机动态调光技术研究

赵海丽¹, 姜会林², 王晓曼¹, 刘 智²

(1. 长春理工大学 电子信息工程学院, 吉林 长春 130022, E-mail: zhjlcc@126.com;

2. 长春理工大学 空间光电技术研究所, 吉林 长春 130022)

摘 要: 为了满足空间光通信精密跟踪的需求,在信标光路中保证光电探测器接收到的激光能量稳定不变,研制了满足大气环境下动态光强稳定装置。对该装置所采用的基于液晶的高帧频相机动态调光技术进行研究。通过与传统机械调光、电子快门调光相比较,验证基于液晶的高帧频相机动态调光技术的可行性。结合空间光通信系统的特点,阐述基于液晶的动态调光原理。介绍了基于液晶的动态光强稳定装置系统组成,给出实验数据和结果。结果表明:采用液晶光束衰减器对高帧频 CCD 相机进行动态调光,可以实现在无机械运动部件条件下对信标激光能量进行自动控制,从而保证探测器接收到的激光能量稳定。因此在空间光通信中,基于液晶的高帧频相机动态调光技术是可行的,而且有着广阔的应用前景。

关 键 词: 空间光通信;液晶;高帧频相机;动态调光

中图分类号: TN929.12 **文献标识码:** A **DOI:** 10.3788/YJYXS20122702.0267

Dynamic Light-Adjusting Technology of High Frame Frequency CCD Camera in Space Optical Communication System

ZHAO Hai-li¹, JIANG Hui-lin², WANG Xiao-man¹, LIU Zhi²

(1. College of Electronic and Information Engineering, Changchun University of Science and Technology,

Changchun 130022, China, E-mail: zhjlcc@126.com;

2. Research Institute of Space Photoelectric Technology,

Changchun University of Science and Technology, Changchun 130022, China)

Abstract: In order to satisfy the requirement of space optical communication system, and ensure relative stabilization of beaconing laser spot energy detected by photoelectric detector, an device for dynamic stabilizing laser energy is developed and dynamic light-adjusting technology of high frame frequency CCD camera based on liquid crystal is investigated. Compared with mechanical and electronic shutter, it proves the feasibility of dynamic light-adjusting technology based on liquid crystal. Then combined with the characteristic of space optical communication system, it is discussed the dynamic light-adjusting principle of high frame frequency CCD camera based on liquid crystal in detail. Finally, it presents the principle block diagram of the device, data and result of experiment. Experimental results indicate that the dynamic light-adjusting technology based on liquid crystal spatial light attenuator can achieve energy autocontrol of beaconing laser without moving optics, thereby ensuring relative stabilization of laser spot energy detected by photoelectric detector. It proves the feasibility of dynamic light-adjusting technology based on liquid crystal, at the same time it is

收稿日期: 2011-09-21; 修订日期: 2011-12-04

基金项目: 国家自然科学基金(No. 60677009)

作者简介: 赵海丽(1977—),女,内蒙古通辽人,博士,讲师,主要从事光电检测与信息处理、液晶光学应用技术和光通信技术等方面的研究。

pointed that liquid crystal as a new type dynamic optics module with flexible adjusting have wider application foreground in space optical communication system.

Key words: space optical communication; liquid crystal; high frame frequency CCD camera; dynamic light-adjusting

1 引 言

空间激光通信是一种利用光频段作为信息载体在空域进行的通信方式,与微波相比较,其光频率要高 3~5 个数量级,可以获得较高的数据传输速率,能满足大容量传输的要求,并为实现空间多功能任务提供了时间保障。空间激光通信的保密性和抗干扰性能极好,对军事应用十分有利,因此被广泛用于卫星通信系统中。

在空间光通信系统中,由于其传输距离长,光信号在传输过程中会产生极大的能量损失,接收到的信号往往非常微弱;同时背景光(其一是点目标干扰源,如亮度非常大,距离非常远的天狼星;另一种是面目标干扰源,如太阳和各种因素引起的天空背景光)的强烈干扰,也大大增加了激光信号的接收难度。由于激光的发散角极小,光束在传输过程中易受到大气散射、折射、湍流等诸多因素的影响,很难保证精密跟踪的精度。为了满足空间光通信精密跟踪的需求,在信标光路中保证光电探测器接收到的激光能量稳定不变成为保证跟踪精度的关键技术之一。因此,研制了满足大气环境下动态光强稳定装置,频率可达 100 Hz。

2 传统的相机调光方法

传统的自动调光方法一般利用电子自动快门或变密度盘实现。被捕获的目标经过光学镜头成像于 CCD 靶面,由于 CCD 相机对目标与背景的衬比即背景光的亮度有一定的要求,为了在跟踪过程中使衬比最佳,必须通过电子快门与机械调光相配合的方法。但在空间光通信系统中,由于激光信号在传输过程受大气湍流的影响,湍流引起光信号大幅度变化,仅仅靠电子调光很难保证系统的高动态范围的要求,在弱光情况下对高速运动目标图像也容易产生模糊。因此,传统的机械调光方法在某些情况下仍具有很重要的意义。

所谓机械调光即根据背景亮度时刻改变变密度盘的位置来减小或增加光的能量。通过提取

CCD 相机的视频信号,测出背景光强弱,并送给控制器并发出控制信号来驱动电机以控制变密度盘的位置,从而完成对背景光的自动调节。

但是,在大气激光通信系统中,由于湍流引起的剧烈的信号抖动,其频率较高。同时由于空间环境的限制,传统的机械调光技术无法保证接收端激光光斑的质量和精度。因此,我们采用一种新型光学组件-液晶光束衰减器对高帧频相机进行动态调光,从而实现在无机械运动部件条件下对信标激光能量进行自动控制,使信标光探测器接收到的激光能量保持稳定。

3 基于液晶的动态调光原理

液晶的动态调光原理是基于液晶的双折射性、扭曲效应和电光效应设计而成,可以实现在无运动部件条件下对激光光束特性进行动态实时控制。其关键部件是一个液晶光束衰减器,由起偏器、液晶盒和检偏器构成。

调光原理如图 1 所示。无外加电场作用下,液晶盒产生 90° 旋光现象,具有在平行偏振片间可以遮光,在正交偏振片间可以透光的功能;在外加电场作用下,液晶分子方向发生倾斜,导致通过液晶层的光波偏振态发生变化。当对液晶盒施加电压且达到一定电压值时,液晶分子长轴开始沿电场方向倾斜,当达到饱和电压时,除电极基板表面处以外,所有的液晶分子长轴一律沿电场方向进行再排列,这时液晶层 90° 旋光消失。在这样排列的液晶层两边加上平行偏振片可以实现透光功能,而将其放在正交偏振片间,就可以实现遮光

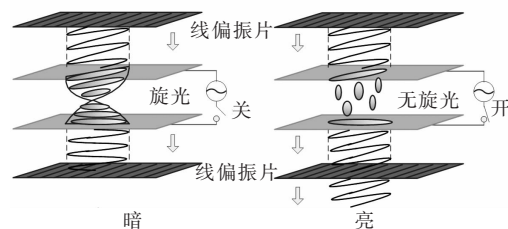


图 1 基于液晶的动态调光原理

Fig. 1 Dynamic light-adjusting principle of liquid crystal

功能。即通过调整控制器的电压值就可以控制液晶在扭曲态和站立态之间变化,起到控制光强的作用。

本系统采用外购的液晶光束衰减器,由自研低压控制器驱动,在 700~1 000 nm 波长内 92% 以上的光都能传送。图 2 为利用长春北方液晶中心的综合测试仪测量的电压-相位曲线。

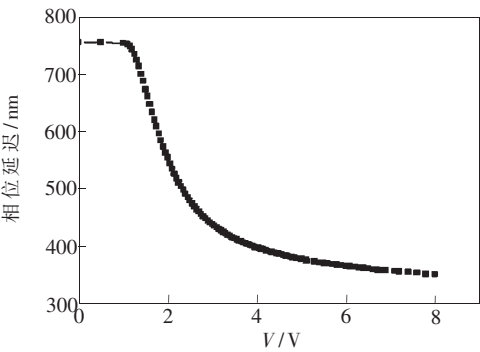


图 2 液晶对 810nm 激光的电压-位相曲线
Fig. 2 Voltage-phase curve of liquid crystal (810 nm)

4 基于液晶的高帧频相机动态调光技术

4.1 实验系统组成

实验框图如图 3 所示。本系统采用峰值波长为 810 nm 的半导体激光器产生信标激光,经过光学系统准直,利用起偏器及 1/4 波片变为偏振光后发射。经过远距离大气传输,激光信号携带随机的背景噪声同时呈现在系统的接收端。在接收端装有液晶光束可变衰减器,当偏振光通过后光强发生了衰减,同时由于背景噪声是非偏振光而被降低。经过衰减和净化后的激光信号被高帧频 CCD 相机实时采集和存储,并进行处理和分析后生成数字量信号,通过 LVDS 接口,送入 DSP 中计算光斑质心位置;同时送入光强检测系统进行测量,并经过 D/A 转换后送至低压控制器,

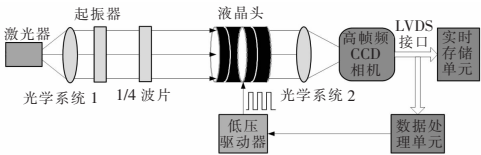


图 3 基于液晶的高帧频相机动态调光系统框图
Fig. 3 Block diagram of dynamic light-adjusting technology of high frame frequency CCD camera based on liquid crystal

对入射的信标激光能量进行自动控制,使信标光探测器接收到的激光能量保持稳定。

其中液晶光束衰减器受低压控制器控制,驱动信号是一个在 0~5 V 电压范围内幅值可调的 2 kHz 方波,用以维持实现双折射率的液晶分子指向;信标光探测器采用 DALSA 公司生产的高速 CCD 相机,像素为 128×128,帧频为 736 Hz (像素合并模式下为 1 425 Hz),像元尺寸为 16 μm×16 μm,100% 填充因子,8 位数据位;数据速率为 15 MHz。发射和接收光学分系统均采用焦距 200 mm、F=5 的望远系统,实验照片如图 4 所示。



图 4 实验照片
Fig. 4 Photos of experiment

4.2 实验结果

经过在长春理工大学科技大厦与长白山宾馆的试验,我们得到 100 mW 信标激光经过 3.0 km 大气传输后 CCD 直接探测到的光斑亮度曲线和进行动态调光后 CCD 探测到的光斑亮度曲线,分别如图 5 和图 6 所示,CCD 采用 binning 模式。

通过数据分析可知,未调光前光斑灰度值在

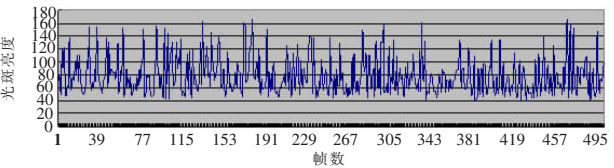


图 5 CCD 直接探测的光斑平均亮度曲线
Fig. 5 Curves of average spot brightness detected by CCD

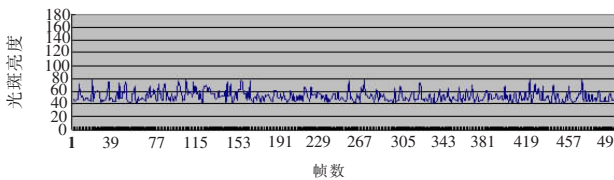


图 6 动态调光后 CCD 探测的光斑平均亮度曲线
Fig. 6 Curves of average spot brightness detected by CCD after dynamic light-adjusting

41~165.86,波动范围为124.86,经过液晶的动态调光控制后光斑灰度值在40~79.1,波动范围为39.1。因此,液晶动态调光后光斑灰度值的波动范围被明显抑制。

5 结 论

试验证明:在信标激光传输过程中,利用液晶光束衰减器对高帧频 CCD 相机进行实时柔性调光,可以保证在探测器上探测到的光斑能量稳定,进而提高了基于质心算法的定位精度。经过对比

和分析,在空间光通信中,基于液晶的高帧频相机动态调光技术是可行的,而且有着广阔的应用前景。液晶作为 21 世纪一种新型柔性可调的动态光学组件,不仅能够用于信标激光光路,通过自动光强控制保证信标光的能量稳定,更可以用于通信激光光路用来提高信噪比,减少通信误码率。还可以与激光的偏振特性相结合,进行偏振域的编解码,保证激光敌我识别和隐身保密通信。总之,液晶和激光有效而完美的结合,是未来空间光通信的保障。

参 考 文 献:

- [1] 王庆有. CCD 应用技术[M]. 天津:天津大学出版社,2000.
- [2] 金龙旭,吕增明,熊经武. CCD 摄像机全自动调光系统[J]. 光学 精密工程,2002,10(6):588-591.
- [3] 刘志国,刘晶红. 机载可见光摄像机调光方法研究 [J]. 液晶与显示,2011,26(2):250-254.
- [4] 梁庆华. 液晶技术在光通信中的应用 [C]//全国第十一次光纤通信暨第十二届集成光学学术会议论文集,北京:中国光学学会,2003.
- [5] 刘伯哈,张健,吴丽莹. 液晶空间光调制器的纯相位调制特性研究[J]. 光学 精密工程,2006,14(2):213-217.
- [6] Khoo I C, Wu S T. *Optics and Nonlinear Optics of Liquid Crystal* [M]. Singapore: World Scientific,1993:59,63; 28;58.
- [7] 王新久. 液晶光学和液晶显示[M]. 北京:科学出版社,2006.

规范关键词选择的决定(试行)

一、发表在中国科协系统学术期刊中所有学术论文,必须在摘要后列出不少于 4 个关键词。从技术角度考虑,没有关键词的论文应列入非学术论文类。

二、这些关键词按以下顺序选择:

第一个关键词列出该文主要工作或内容所属二级学科名称。学科体系采用国家技术监督局发布的《学科分类与代码》(国际 GB/T 13745-92)。

第二关键词列出该文研究得到的成果名称或文内若干个成果的总类别名称。

第三个关键词列出该文在得到上述成果或结论时采用的科学研究方法的具体名称。对于综述和评论性学术论文等,此位置分别写“综述”或“评论”等。对科学研究方法的研究论文,此处不写被研究的方法名称,而写所应用的方法名称。前者出现于第二个关键词的位置。

第四个关键词列出在前三个关键词中没有出现的,但被该文作为主要研究对象的事或物质的名称,或者在题目中出现的作者认为重要的名词。

如有需要,第五、第六个关键词等列出作者认为有利于检索和文献利用的其他关键词。

摘自:中国科协学会学术部 2002.9 通知