

文章编号:1001-5078(2013)12-1345-03

· 激光应用技术 ·

激光通信/测距一体化技术研究

李 玮

(中国电子科技集团公司第二十七研究所,河南 郑州 450046)

摘 要:介绍了激光通信和激光测距技术的优势,指出由于空间条件等的限制,激光通信和测距的复合需求不断增加,激光通信测距一体化技术将成为未来发展趋势。在此基础上,深入分析了国外激光通信测距一体化技术最新研究进展。然后,针对未来卫星远距离、高精度测距的需要,文章提出了在激光通信的基础上,通过设置特殊测距帧,实现激光通信和测距一体化的系统设计方案并进行了论述,为未来我国测控事业的发展提供了新型手段。文章最后对激光通信测距一体化技术的发展提出了建议。

关键词:激光通信;激光测距;激光通信测距一体化;测控技术

中图分类号:TN929.13 **文献标识码:**A **DOI:**10.3969/j.issn.1001-5078.2013.12.05

Research on integration technique of laser ranging and communication

LI Wei

(China Electronics Technology Group Corporation 27th Research Institute, Zhengzhou 450046, China)

Abstract: The advantages of laser communication and ranging technique are introduced. It is pointed out that the laser communication and ranging integration technology will be the future development trend. Furthermore, the latest research and achievement of foreign integration technique of laser communication and ranging are analyzed. And, in order to meet the requirements of future satellite long-distance, high-accuracy ranging, a scheme which add a specific ranging frame in laser communication is put forward and validated. Finally, some suggestions of developing integration technique of laser communication and ranging are given.

Key words: laser communication; laser ranging; integration of laser communication and ranging; observe and control technique

1 引 言

激光通信技术具有容量大、抗干扰性强、功耗低、体积小等优点,已被公认是星间(LEO星座)、轨道间(LEO-GEO)、同步卫星与深空探测器之间及星-地海量、超高速数据传送的有效方式。卫星间相对位置的测量有地面监测网、微波雷达、激光测距等手段。随着星载激光系统的不断完善,依靠搭载的激光通信和激光测距机,可为飞行器间提供通信和相对定位的技术手段。但由于空间条件的限制,需要使设备具有多任务工作的可能,从而降低对体积、功耗的要求,并提高系统的性价比。可以预测,

随着激光通信和测距等复合需求的不断提高,激光通信测距一体化技术研究将成为未来的一种发展趋势。

2 激光通信测距技术未来发展趋势^[1-3]

随着近几年国外在卫星星间和星地激光通信方面的快速进展,已在相距5000 km的卫星之间实现了5.5 Gbps以上的高速星间激光通信。在卫星测

作者简介:李 玮(1981-),女,硕士,工程师,主要从事航天测控通信系统方面的研究。E-mail:lw_rose@163.com
收稿日期:2013-06-28

距技术领域,采用高重频微脉冲测距技术对卫星的测距精度达到亚厘米量级,在测距体制上也取得了突破,采用异步应答测距体制实现了到水星飞行器的行星际双向距离测量,精度高达 20 cm。在一些卫星激光通信系统、卫星激光测距系统以及光学地面站的设计中已经出现了通信测距一体化迹象。所有这些已取得的进展和发展迹象表明,国外激光通信测距一体化集成系统研究已经开始启动。

主要体现在两个方面:一是在飞行器终端的设计方面;二是在地面站的设计方面。

在飞行器终端设计方面体现出激光通信测距一体化思想的典型例子是美国的 X2000 项目。

X2000 飞行终端是一个多功能仪器,不仅能完成与远至木卫二(卫星)距离范围内的双向通信,还具有双向激光测距、科学成像和激光高度计等功能。在飞行终端结构设计中,测距和通信共用信号光,采用应答测距体制激光测距,实现激光通信和激光测距复用的目的。X2000 的飞行终端结构设计图如图 1 所示。飞行终端光学系统包括望远镜光学装置(TBA)、光束精密控制系统(包括精密瞄准镜和焦平面阵列(FPA))以及上行探测器装置(UDA),用于接收来自地球的信标光,并向地球传回 1064 nm 下行链路光束,接收来自地球的上行控制信号。接收和反射由地球产生的双向测距信号,采集有科学价值的目标图像以及接收由目标反射的激光高度计回波信号。FPA 用于空间细光束的捕获和跟踪,以及科学图像的捕获。UDA 是一个高速雪崩光电二极管,用于上行控制、上行测距以及激光高度计反射信号的接收。

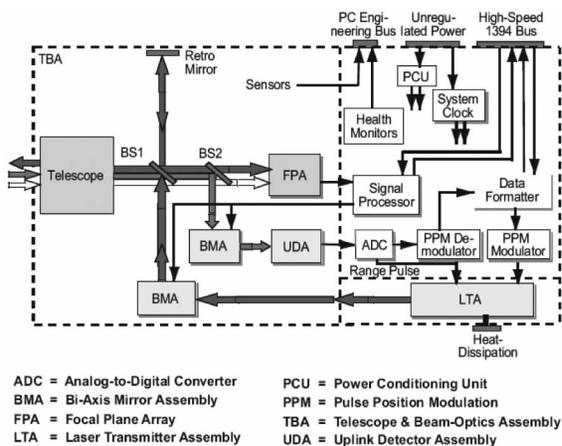


图 1 X2000 飞行终端结构设计图

在地面站的设计方面,欧洲的 OGS 光学地面站和日本 NICT 光学地面站除了可以作为星地激光通信终端使用外,还具有多种功能,可用于激光测距、

对卫星定位等。此外,2005 年 John J. Degnan 提出了一个 SLR2000 卫星激光测距站的改造方案(如图 2 所示),就是将激光测距和激光通信结合起来。SLR2000C 的主要改造思路是利用 SLR2000 激光测距机的测距激光作为激光通信的信标光用于跟踪瞄准,在 SLR2000 卫星激光测距机上加装波长 1550 nm 附近激光器用于和卫星建立双向通信,充分体现了激光测量通信一体化思想。

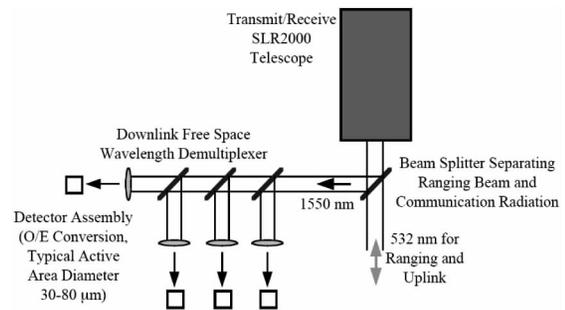


图 2 SLR2000C 卫星激光测距通信集成方案框图

3 基于激光通信的测距一体化技术方案设计

目前常用激光测距机是通过向目标发射激光,然后接收目标返回的激光信号,通过测量从激光发射到激光返回的时间实现测距。由于目标的反射光信号一般非常弱,为了实现远距离测量通常需要激光功率非常大。因此不适合远距离测距。针对激光通信的原理,通过设置特殊测距帧,研制基于激光通信的测距一体化系统,可以解决这个问题,大大提高测距的距离和精度。

3.1 设计原理

在激光双向通信中,由于激光的传输只需要单向进行并且激光通信两端都有激光源,所以可以考虑采用应答的方式进行测距。

根据激光通信的工作原理,激光通信由两个通信端机组成(这里分别记为 A、B)。每个通信端都包含信标光、信号光两种光源和信标接收、信号接收两个接收端,都可以用来进行测距。考虑到测量精度,设计采用信号光进行测距。

应答式激光测距的原理是通过将应答信号转发并提取时间间隔进行激光测距。具体方法是:利用端机 A 发射测距编码信号,同时打开距离测量计数器,端机 B 的接收单元接收到 A 端机的测距编码后,产生控制信号去触发激光发射单元,使其转发 A 端机的测距编码,A 端机的接收单元收到 B 端机转发回的测距编码后,关闭距离测量计数器,计算出两通信端机之间的距离。此外激光脉冲的发射和接收先后衔接、自动循环,可以进行多个周期的测量,然

后进行数据平均,进一步提高测距精度。

3.2 激光通信方案设计

无线光通信是利用激光光束作为载波,在大气中直接传输光信息的一种通信方式。将待传递的信息经过调制器加载到调制器的激励器上,调制器的激励器电流随着信号的变化规律而变化,激光器的输出信号经过调制器调制以后,相关的参数(振幅、相位、频率、强度)就按照相应的规律变化。光学天线把激光器输出的信号发射出去,探测器探测激光信号,通过解调器把原来的信息恢复出来,完成数据的传输。无线光通信系统由发射分系统、接收分系统、光学天线、ATP(捕获、跟踪和瞄准)分系统以及数据处理控制分系统等组成。如图3所示。

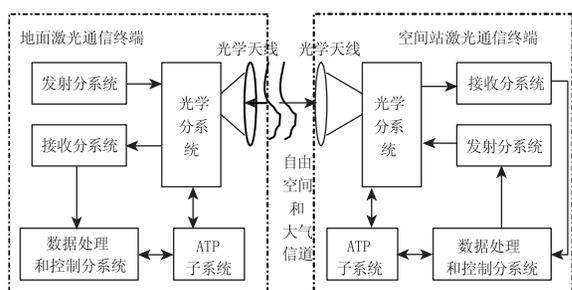


图3 激光通信技术方示意图

3.3 基于激光通信的测距一体化方案设计

由于信号光是实现数据传输的载体,而传输的数据是经过按照一定编码方式的数据流。在接收端接收到数据流后,经过译码恢复原始数据。编码和解码都是按照一定的规定来实现的。为了使用通信通道实现测距,通信端机A(称测距方)的通信数据流中设置特定的格式(这种格式不同与通信数据的编码格式,简称特殊测距帧),表示系统将要测距。当通信端机B(称应答方)接收到该数据格式时,经过判断是测距信号,便通知应答方上通信终端的总控,将一特定的数据格式(特殊测距帧),经过编码和调制发射出去。在测距方接收端接收到该数据格式时,通过计算从发射测距信号开始到收到应答方发射的特殊数据格式时的时间间隔,来计算测距方和应答方之间的距离。如图4所示。

由图4可知,要实现测距通道,需要将原通信通道进行信号的拟合,即增加到通信信道,因此会影响到通信速率。在光通信中,通信速率一般大于1 Gbps,而测距信号的码字仅仅几十个或者上百个,因此不会对通信速率造成很大的影响。

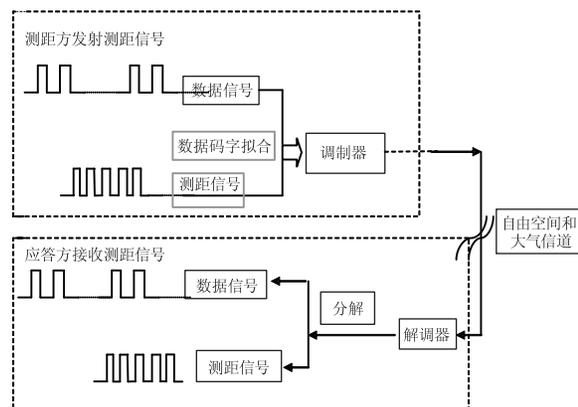


图4 数据信号与测距信号拟合示意图

4 结论

目前,国际上已经完成了卫星光通信的基本概念和主要的关键技术的研究,并在此基础上进行了卫星间、卫星与地面之间的光通信,验证了卫星激光通信的可行性,国内的光通信还需进一步的研究,实际的星地激光通信只是进行了原理性试验,离实际的试验还有一定的距离。本文提出的基于激光通信的测距一体化技术方案在理论上得到了深入的论证,证明了激光通信测距一体化的可行性,而真正的激光通信测距一体化技术的验证需要持续的投入大量的人力和物力。

随着激光通信和测距复合需求的增加,以及激光通信测距一体化技术在航天测控方面凸显的优势越来越多,可以预见在不久的将来,激光通信测距一体化技术将获得较快的发展,成为航天测控领域内又一新型测控技术。通过对激光通信测距一体化技术的研究能够进一步推动我国测控事业的发展。

参考文献:

- [1] Neumann G A, Cavanaugh J F. Laser ranging at interplanetary distances [C]. Proceedings of the 15th International Workshop on Laser Ranging, 2006:451 - 456.
- [2] M Jeganathan, A Portillo, C Racho, et al. Lessons learnt from the optical communications demonstrator (OCD) [C]. SPIE, 1999, 3615:23 - 31.
- [3] Xing Qianglin, Li Jianting, Tang Jia, et al. Concept of a unified laser TTSC system [J]. Journal of spacecraft TTSC Technology 2009, 2:36 - 42. (in Chinese)
邢强林, 李舰艇, 唐嘉, 等. 激光载波统一系统方案构想 [J]. 飞行器测控学报, 2009, 2:36 - 42.