

文章编号: 1001-5078(2004)06-0419-03

二路收发的空间光通信系统

左 昉, 谢福增

(中科院半导体所, 北京 100083)

摘 要:研制了工作于大气中的空间光通信系统, 系统的发射天线采用了两组互相独立的组合式准直光学系统, 发射光源采用 980nm 的 CW 激光器, 调制方式为直接电流调制; 接收天线为两组折反式望远光学系统, 以快速响应的 PIN 光电管为主探测器, 四象限探测器为两个系统之间对准与否的位置探测器。该系统实现了点对点的 622Mbit/s 通信, 正常天气情况下可实现通信的距离 100m ~ 2km。该文在给出了该系统的组成的基础上详细讨论了系统的接收与发射天线。

关键词:空间光通信; 半导体激光器; PIN 探测器; 发散角

中图分类号: TN929.1 **文献标识码:** A

Two-transmitter-two-receiver Free Space Optical Communication System

ZUO Fang, XIE Fu-zeng

(Institute of Semiconductors, CAS, Beijing 100083, China)

Abstract: A free space optical communication system has been developed. In this system, two transmitters and two receivers are employed. In each of the two transmitters, a compound collimation optical system has been used, and the source is an 980nm laser, which is modulated by its current directly. In each of the receivers, we use a big aperture and long focal length lens and 2 reflecting mirrors. Two receivers share a half-reflecting-half-transparent mirror, a PIN detector for signal detection and a four-quadrant detector for aiming at each other. With this system, 622Mbit/s air communication has been realized between point to point of a distance 100m to 2km in normal weather condition in Beijing. This paper presents details of optical systems in transmitters and receivers.

Key words: free space optical communication; semiconductor laser; PIN detector; angle of divergence

1 引 言

目前的最后一公里宽带接入解决方案是光纤和无线技术。光纤以可靠性及高带宽著称, 但作为最终解决方案, 实施起来却很困难、缓慢并且花费高昂。无线技术虽然提供了快速安装和比光纤低廉的

价格, 但带宽却非常有限。同时, 无线传输不安全并且需要昂贵的频率执照。自由空间光通讯的出现弥

作者简介: 左 昉 (1965 -), 男, 中科院半导体所博士后, 从事红外与微光成像及激光通信研究。Email: zuo96@sina.com
收稿日期: 2004-04-01

补了两者应用上的缺憾。自由空间光通讯 (Free-Space-Optical) 又称无线光通讯,它以激光为载波,大气或自由空间为传输媒质,实现大容量信息的传递,提供无线高速的点对点或点对多点的连接。与传统的光纤通讯相同,空间光通讯使用相似的光学发送器和接收器,也可实现波分复用 (WDM) 技术;不同的是,空间光通讯不需要光纤而是在空气介质中传播。另一方面,空间光通讯具有无线微波通讯的快速安装性。再者,无线光通讯性价比很高,而且不需要频率执照。这一技术的另一显著优点是高安全性^[1]。由于激光的单色性和相干性,黑客无法在光路外获得信号,只能把接收仪器置于光路之中。当光信号被截获时,接收端的信号减弱会立即触发警报。相比之下,射频 (RF) 通讯容易被窃听,而加上 WEP(Wired Equivalent Privacy) 协议后提高了安全性,同时也牺牲了近一半的传输率^[2]。因此,作为提供本地宽带接入的媒介,利用视距技术的 FSO 系统将在城域网和接入网中发挥重要的作用。

2 系统的组成^[3]

FSO 是光通信与无线通信的结合,它以近红外激光束为载体在收发器之间高速传送数据。系统的物理模型如图 1 所示。

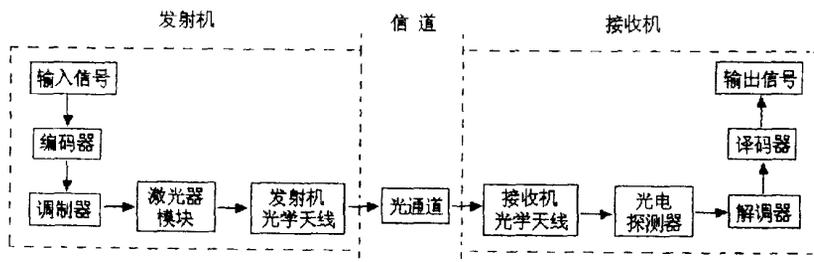


图 1 空间光通信系统的物理模型

发射机发射的激光功率与接收机所接收到激光功率之间的关系由如下视距方程所确定^[4]。

$$P_R = P_T \tau_R e^{-\alpha} \left(\frac{d_R}{L}\right)^2 \quad (1)$$

式中, P_T 为光发射机中激光器所发射出的激光功率, P_R 为光接收机中探测器所接收到的激光功率, τ_T 为发射天线的效率, τ_R 为接收天线的效率, α 为大气衰减系数, L 为传输距离, d_R 为接收天线的口径, θ 为激光发散角。

接收机所能探测到的最小光功率是由探测器性能和系统带宽决定的,因此系统的工作距离 L 决定于激光器的输出功率、接收系统灵敏度、发射天线以及接收天线的特性。

3 光发射机

光发射机包括编码器、调制器、光源和发射天线。根据光源的类型,调制可以在发光过程中或发光后进行,我们采用了在发光过程中直接电流调制的方式,发射天线将光束准直并发送到指定信道。

(1) 激光器及其波长: 半导体激光器因为可靠性好、效率高、体积小、重量轻,并且易于实现电流直接调制,而成为空间光通信系统最理想的选择。对激光器波长的选择^[5]要考虑光波的衍射效应、大气损耗、人眼安全性、接收机灵敏度以及性能价格比等因素。我们选择了我所研制的 980nm 激光器,它的优点是人眼安全性好、大气损耗低、PIN 探测器对它的响应强、性能价格比好。偏置电流为 70mA 时,其发散角 ($\theta \times \theta'$) 为: $10^\circ \times 35^\circ$, 输出功率为 50mW。

(2) 发射光学系统: 由视距方程可以看到,发射光学系统的发散角及其效率都直接影响着系统的性能,因此在设计过程中尽可能使激光器发出能量损失最小,同时保持一定的发散角,在工作距离小于

2km 的条件下,发散角选择 1mrad 为宜。为满足以上要求,我们首先采用自聚焦柱透镜将激光器发射光束发散角压缩, θ 压缩到 22° , 这样可以降低对准直光学系统数值孔径的要求,有利于减小光学系统

的像差。发射天线光路如图 2 所示。实验证明激光器发射的激光经过该光学系统后光能损失小于 10%。

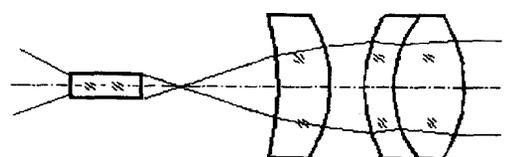


图 2 发射天线光路图

4 光接收机

光发射机发射的光信号经传输后,不仅幅度衰减了,而且脉冲波形也展宽了,光接收机的作用就是检测经过传输的微弱光信号,并放大、整形、再生成原传输信号。光接收机包括接收天线、窄带滤光片、探测器、解调器、译码器等。

目前国外许多 FSO 系统,如美国 Terabeam 公司的 ELIptica™,英国 Cablefree 公司的产品,Canon 公司的 DT-100,加拿大 fSONA 公司的 SONAbeam™等,都采用单个接收透镜,以降低接收天线的复杂程度,同时减小了系统的几何尺寸。然而,飞鸟等遮挡引起通信中断的问题将凸现出来,另外,由于发射系统发出的光束的发散角很小,近距离(实验室内)系统调试也有一定困难。

为此,我们研制了两路发射(互相独立)、两路接收的光学天线系统。

(1)接收光学系统:系统设计中,采用了两路发射、两路接收。两路发射可以在同样输出功率条件下降低激光器的偏置电流,使高速调制易于实现;两路接收,则可以增大接收面积,提高系统灵敏度,同时避免鸟类遮挡引起通信中断,达到减小误码率的目的。

由视距方程可以看到,接收天线的口径越大,系统的工作距离越大,系统的体积和重量也同时增加。另外,为了减小杂散光的影响,应尽量减少接收天线的数值孔径,同时在光路中加入窄带干涉滤光片。接收天线光路如图3所示。

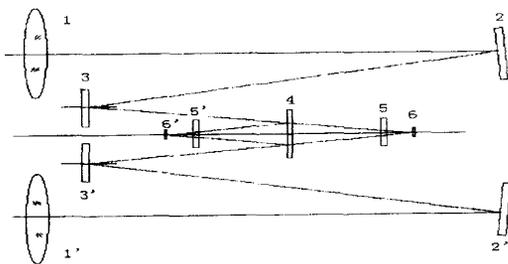


图3 接收天线光路图

系统中,1、1'为长焦距接收望远镜系统,2、3、2'、3'为平面反射镜,4为部分反射(10%)部分透射

(90%)平面镜,5、5'为窄带干涉滤光片,6为PIN探测器,6'为四象限探测器。实验证明,该接收光学系统对所接收的平行光(600nm~1100nm)的光能损失小于5%。

(2)PIN探测器:光通信系统中,对光电探测器的要求是灵敏度高、响应快、噪声小、成本低和可靠性高。根据以上原则,选择了对980nm光响应较强的硅探测器,该探测器响应速度快(响应时间小于0.5ns),探测灵敏阈约5nW,对于622Mbps的接收机系统灵敏度约为-30dBm。

5 总结

本系统首次采用了自聚焦透镜与准直透镜结合,使发射天线的效率高达90%以上,在接受系统中采用折反式(大口径、长焦距)光学系统,使接受天线的效率高达95%以上,同时有效的减小了太阳光等杂散光对系统的影响,实现了点对点的622Mbit/s通信,正常天气情况下可实现2km以内的通信。由于接收系统要求大口径、长焦距,整个系统的体积和重量都比较大(180×180×270mm³、5kg),通过增加光路中反射次数,调整各反射镜的角度可使整个系统的体积和重量减小,但将大大增加光学系统的复杂性、误差、误码率。

参考文献:

- [1] Roberta A Ewart, M E (2000). Free space laser communications[J]. IEEE Communications Magazine: 124 - 125.
- [2] Jim Geier. 802. 11 WEP: Concepts and Vulnerability [DB/OL]. <http://www.wi-fiplanet.com/tutorials/article.php>, 2002. 06
- [3] J H Franz, V K Jain, Optical communications components and systems[M]. Narosa Publishing House, New Delhi - 110 002, 2002.
- [4] P Djahani, J M Kahn. Analysis of Infrared Wireless Links Employing Multi-Beam Transmitters and Imaging Diversity Receivers[J]. IEEE Trans. on Commun(2000) 48:2077 - 2088.
- [5] David Rockwell, Wavelength selection for optical wireless communications systems[Z]. Free Space Optical Networking Architecture. Feb, 2001.