

# 大气激光通信的关键技术及其军事应用探讨

任广森

(国防科学技术大学, 湖南 长沙 410073)

**摘要:**现代战争中,能否获得信息、能否成功阻止对方获得己方机密信息,已经成为决定战争胜负的关键因素。通信技术的每一次改革与创新都推动了战场通信的变革。大气激光通信技术兼具微波通信和光纤通信的优点,其灵活的通信方式必将在未来战场通信中扮演重要角色。本文在前人研究的基础上,就大气信道激光通信的特点和关键技术进行了分析并对其军事应用进行了探讨。

**关键词:**大气激光通信;军事应用;技术

## 1 大气激光通信基本原理

大气激光通信利用激光束作为信息传输的载体,以大气为传输介质在空间中直接进行语音、数据、图像等信息的双向传送<sup>[1]</sup>。

大气激光通信的基本原理与无线电通信类似,一个重要区别是前者使用激光束作为载体。这就要求大气激光通信系统中有光电、电光转换设备。其基本结构如图1所示。

为了使系统具有全双工通信能力,系统的每个端点都有光发射天线和光接收天线。这与无线电通信中的发射和接收天线类似。待传送的语音、图像等信号经过各种采集设备变成电信号,电信号经过调制后作为激光器的驱动信号,控制激光器出射激光的某个参数。到此,激光束已经携带了信息。然后,激光载波通过发射天线发射出去,在大气信道中传播。发射天线一般具有扩束功能以便于接收天线接收。光接收天线将接收到的光束会聚到探测器上,光信号还原成了电信号,此时的信号还需放大。然后经过与调制方式相应的解调方式,还原出原始信息。为了获得较高信噪比,光接收天线应当有滤波器件,滤除非载波频率的干扰光。

## 2 大气激光通信的特点

大气激光通信之所以具有独特的优点,是因为其载波采用激光束。激光束的高亮度、高频率、良好的单色性和方向性,使大气激光系统拥有光纤通信系统的宽频带以及无线电通信的便捷。<sup>[2]</sup>

**2.1 便捷性。**大气激光通信以大气为信道,无需铺设通信线路。当通信双方搬迁时,无需重新铺设光纤从而节约成本。其发射和接收天线一般由光学透镜组成,设备简单,占用的空间相对较小。如果通信双方可以直视,数小时之内即可将系统安装完毕。<sup>[3]</sup>这一点十分适合野战部队间的联络与配合。

**2.2 保密性。**激光具有良好的方向性,实际大气激光通信系统中发射端发出的激光束都有一定的发散角,但是这个发散角相对无线电通信要小的多,在毫弧度量级。<sup>[4]</sup>所以激光通信中信息不会像无线电通信一样向整个空间发送。对方想要接收到信号只能在激光束经过的很小区域内截获,这对于一般采用不可见的红外激光作为载波的通信系统是很难实现的。

**2.3 频谱特性。**大气激光通信不会挤占目前已经十分拥挤的无线电频段,各条通信线路之间也不会相互干扰。其通信带宽甚至高于光纤通信,最高传输速率可达10Gbit/s,足以满足现代战争的通信带宽要求,传输距离一般在5km以下。

表1 大气激光通信与其他通信技术比较<sup>[5]</sup>

接入方式性能	光纤	微波	大气激光通信
带宽	1Gbit/s	较低	100Mbit/s?10Gbit/s
安全性	安全	不安全	安全
传输距离	120km	60km	4km
成本	10~20万美元/千	2~3万美元/套	2~3万美元/套
建设速度	4~12月	2~3天	2~3天

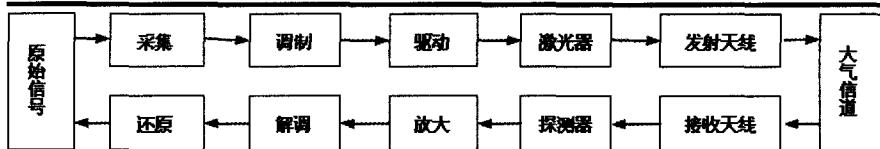


图1 大气激光通信系统基本结构图。

**2.4 抗干扰性。**与光纤通信类似,大气激光通信也具有较好的抗干扰性。目前还没有实用化的针对激光载波的干扰措施,传统电子战方法不会对激光通信系统造成干扰。

大气激光通信与其他通信系统的比较见表1。

## 3 大气激光通信的关键技术

### 3.1 工作波长的选择

大气激光通信中激光源的波长选择中,选择“大气窗口”频段是首要考虑方面,其次还要避开环境中的高频辐射频段。

如果不采用窄带滤波片,大气激光通信系统的最强噪声源来自太阳光散射形成的背景辐射。为了避开太阳光散射的影响,同时也考虑保密性的需要,红外激光成为可选波段。常用的处于大气窗口的红外通信波段有:810~860nm、980~1060nm以及1550~1600nm,另外还要避开地球的热辐射,这一波段大致在900~1000nm,因此810~860nm和1550~1600nm是较为合理的频段。考虑到大气散射造成的衰减与波长成反比,以及目前光纤通信系统多用1550nm频段,1550nm附近是较为合适的频段。

### 3.2 高码率调制及编码技术

大气激光通信作为一种新兴的通信技术,必然要求其具有较高的传输速率和较低的误码率。这就要求通信系统使用合理的调制、解调技术。目前主要有两种调制、解调技术,一种是强度调制/直接探测系统,另一种是相干

调制/外差探测系统。考虑系统的复杂度和可靠性要求,前者是采用较为广泛的方式。编码方式较多,不同的编码方式决定了不同的数据率。国内已经有人对PPM编码、DPPM编码、MPPM编码和RS编码等进行了研究和实验,其中PPM编码是主流技术。

### 3.3 天气因素对大气信道影响的研究

激光束在大气中传播,因此必须研究天气因素对大气信道的影响。实践已经证明,造成大气激光通信系统信号不够稳定的一个主要原因就是天气因素。天气的变化会导致大气中水汽、尘土以及气体分子等成分剧烈变化,进而干扰光信号。各种天气因素中,雾对大气激光通信系统的影响最大。早晚的不同温差导致的光学透镜形变也会影响通信系统的稳定性<sup>[6]</sup>,解决这一问题的主要方法是自适应光学。另外,采用合理的编码技术也可以在一定程度上削弱天气因素对通信系统的影响。

### 3.4 ATP系统技术

由于大气激光通信系统使用的激光束发散角一般较小,因此光接收端对很难发射端发出的光信号进行直接对准。实现通信链路的对准及跟踪就需要ATP系统技术。

典型APT系统一般采用嵌套伺服控制机构,它由两个伺服环嵌套而成:低带宽的粗跟踪环嵌套高带宽的精跟踪环。粗跟踪系统完成扫描、捕获对准和大视场范围内的跟踪,精跟踪系统完成较小范围内的精确跟踪。粗跟踪系统的特点是扫描范围大,伺服控制精度较低。

精跟踪部分的控制精度较高,对探测器件的灵敏度要求也较高。

#### 4 大气激光通信系统的军事应用

##### 4.1 指挥单元之间的通信

实际战争中,各指挥所移动频繁,不宜使用需要铺设线路的电缆、光纤通信。而目前广泛采用的无线电通信十分容易被敌方截获。因此,对于相距不是很远的指挥所,采用大气激光通信是一种既便捷又安全的方案。部队机动到新的位置后可以迅速与其他部队建立通信链路。另外,采用大气激光通信系统后,可以叠加各种通信协议,很容易实现各种数据类型的大容量、高速率传送。

##### 4.2 战场通信迅速恢复

海湾战争以来,现代战争迅速由机械化进入信息化,世界各大国都在加强信息化条件下新型战争的训练。战场上有各种不确定因素,战场态势瞬息万变,指挥者要想取得胜利必须对战场全局信息充分掌握,各作战单位的信息必须及时向指挥中枢反映。恰恰是因为这个原因,战争中通信设施常常会遭到严重破坏。如果短时间内通信无法恢复,这种破坏将直接导致严重的后果。这时大气激光通信系统可以作为被毁坏的光纤通信系统的临时替代设备,迅速恢复通信。因此在未来作战中,我军

以光纤连接的各战斗单元应当装备大气激光通信设备,以迅速恢复光纤通信网络。

##### 4.3 复杂地形通信

野战条件下,战斗区域地形具有很大的不确定性,往往会遇到无法铺设电缆或光缆的障碍,如大河、峡谷等。这时可以采用大气激光通信实现高效、保密通信。另外,还可用于我国某些地形十分险要的边境线上,实现各哨所间的大容量通信。

##### 4.4 战斗单元机动协同通信

目前条件下,坦克间、舰艇间、战斗机间的协同通信主要依靠无线电来实现。这种方式很容易受到敌方强电磁干扰,也极易被侦听。而且为了战斗需要常常要求战斗单元进行无线电静默。解决这一问题一个较好方案就是用大气激光通信实现各战斗单元之间的通信。但是这对 APT 系统的要求很高,必须保证光发射天线与光接收天线在行进中精确对准。

##### 结束语

大气激光通信技术作为一种灵活便捷的新兴通信技术,已成为当今世界通信技术的一大热点,发展前景十分广阔。该系统还有待探索完善的技术有编码技术以及 APT 系统的高精度化。相信随着技术的进步,大气激光通信必将成为未来战场通信的重要组成部分。

#### 参考文献

- [1]柯熙政,殷致云.无线激光通信系统中的编码理论[M].北京:科学出版社,2009,1.
- [2]李秀娟.无线激光通信技术的军事应用[J].光学技术,2007,(11)增刊:106-107.
- [3]黎洪松.光通信原理与技术[M].北京:高等教育出版社,2008:218-219.
- [4]李宏伟.军用大气激光通信系统特性及应用研究[D].长沙:国防科学技术大学,2006.
- [5]曾智龙,徐林,杨乾远等.天气因素对大气激光通信质量影响分析[J].光子通信技术,2009,(10).

责任编辑:孙卫国

(上接 182 页) 来,高等院校的教师在那里与他们交流经验,从学习班开始,为了是教师能在学完五年后获得硕士学位,培养计划就把修完 12 年课程作为入学条件。虽然在小学教师培养计划里包括了与复式班制学校有关的种种特殊性,目前正在酝酿的计划对此有所加强,并把教学实践与这些地区的学校更密切地联系起来。山区教育工作者同样参加科学发明和教育活动,从而介绍自己的经验。同样,为使教师在那种地方的时间更长些,人们做了工作以便降居住山区的学生培养成教师。他们一毕业就在居住地工作,然而,在国内那些尚无法满足这些要求的地区仍然存在教师履行完社会义务后进行调动的现象<sup>[9]</sup>。

尼泊尔农村教育在偏僻地区吸引合格教师的特别鼓励政策,在偏僻地区执教的教师享受偏僻地区津贴,数额为其工资的 50-110%,据观察,这样的鼓励政策可以改善偏僻地区合格教师的供应。当地教师培训,基本要求教育计划实施以后,教育部与教育学院合作推出了以在职小学教师为对象的 150 小时广播初级培训项目。区和地区部门的督学接受培训后,作为培训负责人在当地(一般在区府所在地)或附近的一所学校组织培训项目,最近完成的一项研究结果表明,这一策略非常有效。由于这种培训是基于当地水平,由在当地接受过培训的培训负责人和办学中心负责人主持的,所以对偏僻农村地区的教师特别有用。这些地区的教师现在不必再等候他们的培训机会。培训后的鼓励措施包括现金利益(45 卢比/月)及晋升机会的提高。通过广播进行教师培训,

1956 年 7 月 2 日,一项广播教育计划由当时的尼泊尔教育部名誉部长宣布开始实施。当时,广播教育局限在只向成人提供教育。由于种种限制,该计划不久便中止了,70 年代中期尝试过的远距离教育方法现在也中止了。广播教育教师培训则在十年前诞生,该培训项目始于对教师培训,随之重点转移,成为对偏僻和封闭地区不合格教师的辅导项目。现在该项目为小学教师设计,制作和广播短期培训(150 小时)。政府采取的这些鼓励措施清楚的表明,我国正致力于向农村人口提供适当的教育。由于人口的大多数居住在农村,没有他们对教育的项目的积极参与,则国家的发展将毫无成功可言<sup>[9]</sup>。

基于以上对转型时期我国农村高中教育普及过程中师资问题的探析,是为了更好、更早的普及我国的高中教育,并赶上世界发达国家的水平。

#### 注释

- [1]余永德主编,《农村教育论》,第 344 页,北京,人民教育出版社。
- [2]余永德主编,《农村教育论》,第 370 页,北京,人民教育出版社。
- [3]同上,第 367 页。
- [4]同上,第 369 页。
- [5]国家教育委员会、中国联合国教科文组织全国委员会,《当代农村教育发展和改革大趋势——农村教育国际研讨论文集(上)》,第 134-149 页,北京,教育科学出版社。
- [6]同上,第 257-258 页。

#### 参考文献

- [1]马戎,龙山.中国农村教育问题研究[M].福州:福建教育出版社。
  - [2]余永德.农村教育论[M].北京:人民教育出版社。
  - [3]国家教育委员会、中国联合国教科文组织全国委员会.当代农村教育发展和改革大趋势——农村教育国际研讨论文集(上)[M].北京:教育科学出版社。
- 作者简介:佟凤仙(1966~),女,黑龙江齐齐哈尔人,齐齐哈尔大学教育与传媒学院教育系副教授,主要研究方向:教师教育理论研究。  
基金项目:2009 年黑龙江省教育厅人文社会科学基金项目:《转型时期我国农村普及及高中教育的若干问题研究》项目编号:11542291

责任编辑:张雨