

光纤传输技术在数据链中的应用

纪雄飞¹, 曲艺海²

(1. 中国电子科技集团公司 第二十研究所, 西安 710068; 2. 西安通信学院, 西安 706107)

摘要:针对数据链信号传输的主要特点,结合光通信实时、高效和安全的优势,设计出符合实际环境要求的光传输方案,进行了指标测试并投入实地应用。

关键词:光纤传输;数据链;波分复用

中图分类号: TN929.11 **文献标识码:** A **文章编号:** 1002-5561(2013)05-0017-03

Application of optical fiber transmission in data link

Ji Xiong-fei¹, Qu Yi-hai²

(1. The 20th Research Institute of CETC, Xi'an 710068, China;

2. Xi'an Academy of Telecommunications, Xi'an 706107, China)

Abstract:In this paper, according to the main features of the data link signal transmission, combine with the technology advantages of optical transmission in real time, high capability and safety, the paper designed a optical transmission scheme for data link signal to meet the practical environmental requirement, then finished the index test and put into application in the field.

Key words: optical fiber transmission; data link; CWDM

0 引言

数据链是一种按规定的消息格式和通信协议,在传感器、指控系统与武器平台之间实时传输和处理战术数据信息的综合通信系统。通过数据链可以将地理上分散的部队、各类传感器和武器系统建立起无缝链接,构成立体分布、纵横交错的信息平台,沟通所有作战单元,实现信息共享,从而使指挥中心能够实时掌握战场态势,缩短决策时间,提高指挥速度和协同作战能力。数据链最初由美国海军在 20 世纪 50 年代提出,主要用于解决大型舰船之间的协同作战问题,以实现舰艇对舰载作战飞机的指挥引导。20 世纪 70 年代,数据链基本实现了点对点双向互联。20 世纪 90 年代,数据链开始具备了跳扩频与抗干扰能力。目前,数据链已成为世界各国公认的信息化部队建设的必经之路。数据链经过 50 年的发展历程,到今天已经成为一种包含声音、图像、载波和数据,具备实时、安全和抗干扰功能的超视距战术综合通信系统,数据链的传输容量也从最初的 600~5000b/s,提高到现在几百兆甚至几千兆,工作频段涵盖了 Ku 波段以下的各个频段,数据链已成为当今各国军事信息化竞争的前沿阵地。

收稿日期:2013-04-19。

作者简介:纪雄飞(1982-),男,硕士,主要研究方向为数据链通信。

1 数据链的功能与特点

数据链作为军队指挥和控制,情报系统信息收集、处理和传输的主要工具手段,是信息化战争中的一种重要的网络结构形式。在该网络中,各种信息按照规定的信息格式,实时、自动、保密地进行传输和交换,从而实现信息资源共享,为指挥中心提供整个战区统一、及时和准确的作战态势,辅助指挥中心作出迅速、正确的决策,提升整体的相互协同能力和整体作战效能。

现代数据链已经融合了现代战争所必须的各个角色,其主要功能有:①在需要的时间和需要的地点提供需要的信息;②具备快速准确收集战场空间图片的能力和评估战场形式的能力,辅助指挥中心快速分配任务且做出正确决策;③在各种传感器、决策者、射手和支援设施之间快速准确地交换信息。

数据链由于包含了快速运动物体之间的数据通信,因此信息传输的实时性和安全可靠性是最重要的。同时,数据链系统必须是高度自动化设计,大部分情况下链路上的各种设备将根据已定数据格式自动操作,快速高效完成作业,在最短的时间对传感数据做出回应。以美军 E-2T 预警机为例,若以人工语音引导战斗机,同时只能引导 1~3 批,但美军现役的 E-2C

预警机利用 LINK4 数据链配合 F-14 战机, 可同时进行 100 个以上目标的拦截作业。数据链的这些特点对传输系统的实时性、可靠性和抗干扰性能提出了非常高的要求, 任何时间上的传输差错、数据上的传输差错或者数据链信息泄露导致被对方截获, 都可能对出错一方造成致命伤害从而改变战争局势。

2 光纤传输技术在数据链中的必要性

在现代数据链的各个网络环节中, 地面接收站是仅次于信息处理中心的重要节点, 承担了大量的信号接收和信息处理。为了扩大信号接收范围, 地面接收站的天线一般都安装于山顶或高架铁塔。由于受地形、生活环境及其它因素制约, 数据处理机房一般修筑在山脚, 从天线到机房之间有数千米甚至几十千米的传输距离。按照现代数据链的设计要求, 一般地面接收站的信号会汇集几十兆赫兹到几千兆赫兹的模拟载波信号和几千比特到几百兆比特的数字信号。由于信号类型众多且带宽较高, 传统的电缆传输方式无论是传输质量还是抗干扰性能都不能满足要求。为保证整个数据链系统的技术性能, 本文采用光传输方式, 很好地解决了天线与机房之间的信号传输问题。数据链地面接收站光纤传输方案应用示意图如图 1 所示。图 1 中, 光发射机置于山顶与射频前端及天线相连, 光接收机置于山脚机房与后端处理设备相连, 通过采用不同类型的光端传输设备, 实现天线信号的高质量远距离传输。

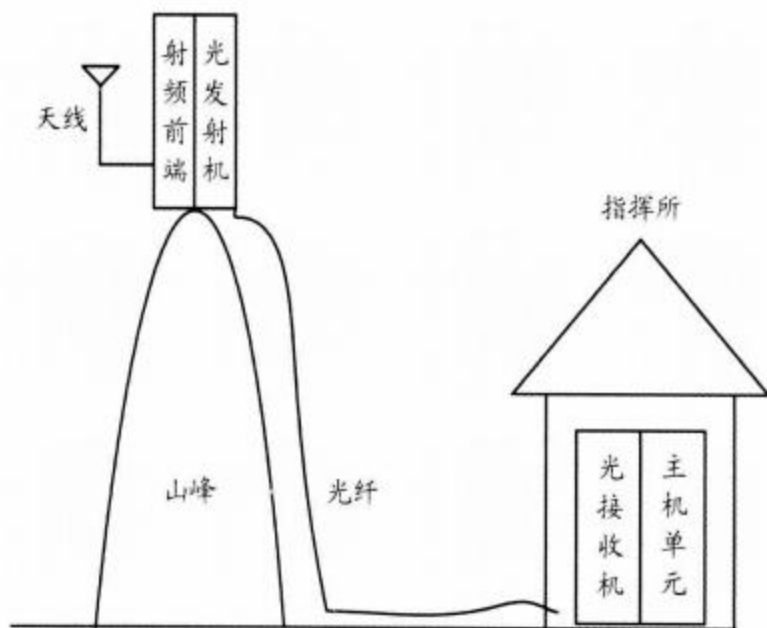


图 1 数据链地面接收站光纤传输方案应用示意图

光纤传输技术以光波作为传输介质, 具有传输损耗低、中继距离远和不受电磁干扰等优点。现阶段, 光纤传输技术的传输容量在采用波分复用技术后基本可以认为是无限的, 光缆外层具有坚实的防护层, 有

较强的抗恶劣环境能力。另外, 光波在光纤中传输时基本不会发生泄漏, 当然也不会有电磁辐射, 不用担心传输信息被窃听或截获, 传输的安全性也得到了保证。正是基于上述独特优势, 早在 20 世纪 80 年代, 美军就开始在军事通信中推广光纤传输技术, 经过近 30 年的技术发展, 目前光纤传输技术已经成为远距离信号传输的最主要手段, 其可靠性和实时性都得到充分验证。

3 数据链信号的光传输方案设计

3.1 光纤传输技术原理

光纤传输技术主要基于信号的电/光变换和光/电变换。在信号发送端, 通过光直接强度调制方式或外调制方式将电信号转换成跟随幅度变化的光信号或跟随相位变化的光信号, 经光缆实现远距离传输, 在接收端, 通过光探测器把光信号恢复成原来的电信号。根据信号类型不同可分为模拟光传输方式和数字光传输方式。模拟光传输方式主要针对射频载波信号, 这些信号带宽和频率一般都超过 200MHz, 不太适合进行数字化转换, 采用直接模拟光传输方式对原始信号的损害最小, 而且在频谱上不会产生额外的杂波。数字光传输方式主要针对 30MHz 内的低频模拟信号或数字信号, 采用数字化转换技术或直接的数字光传输方式, 传输动态不受距离影响, 抗干扰能力更强, 中继距离更远。

3.2 方案设计

现代数据链技术基本融合了三军联合作战信息分发系统, 信号类型繁杂且数量众多, 低频段可以低至最简单的开关信号, 高频段可以高至 C 波段、X 波段甚至 Ku 波段, 任何一种光纤传输技术都无法全部满足要求, 但如果从大类来分就只有两种: 模拟信号和数字信号。因此, 在进行方案设计时本文将重点讨论这两种光传输方式的技术实现途径。

3.2.1 模拟信号光纤传输技术实现原理

根据信号所处频段不同, 模拟信号光纤传输技术又可细分为直接模拟光传输技术和模拟信号数字化光传输技术两种。模拟信号数字化光传输技术由于经过模/数转换后已经变成数字信号, 因此可以合并到数字光纤传输技术内讨论。本处只讨论直接模拟光传输方式, 主要对象为 200MHz 以上频段和带宽的射频载波信号或中频变频信号。此类信号在现阶段尚不能完全实现数字化转换, 采用直接模拟光传输方式可以获得最佳的传输技术指标, 其基本原理框图如图 2 所示。

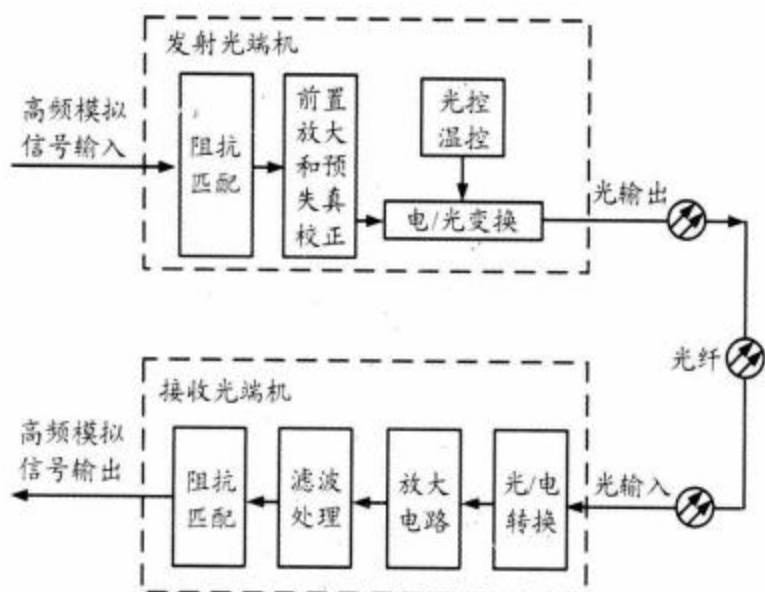


图2 模拟信号光传输技术实现原理框图

图2中,发射端高频模拟信号首先经过阻抗匹配电路进入前置放大处理单元,完成信号的幅度放大和预失真校正,以匹配后端的信号直接强度光调制处理单元,完成信号的电/光变换。为了让光发射模块处于最佳的工作区域,外围需要精确的温度控制和功率控制单元予以辅助配合,使信号在光调制过程的整个动态范围内都能获得较好的线性度。

在接收端光信号首先进入光接收单元将光信号恢复成电信号,再经幅度放大、滤波处理和阻抗匹配等模拟处理单元获得要求的信号输出。为维持信号本身的动态范围,模拟光传输方式不对信号作任何的自动增益处理,整个系统一般保持0dB幅度增益,特殊情况下可根据客户需要作适当增益处理。

3.2.2 数字信号光纤传输技术实现原理

数字信号光传输技术主要针对各种速率的数字信号或经过模/数转换后获得的数字化信号,就数字链路中的信号类型而言,数字速率范围将涵盖接近直流的数字开关量到几百兆比特的高速数字信号,电平格式一般主要有差分的LVDS和单端的TTL/CMOS两种。为了节约光纤资源,数字光传输方式一般要进行高速数据复用和解复用处理,使多路数字信号能够共享一个光波长,完成远距离传输。从成本使用角度考虑,单波长最高复用数字速率最好不超过3Gb/s,如果容量超过此速率,建议采用波分复用技术或多根光纤完成远距离传输。数字信号光传输技术实现原理框图如图3所示。

图3中,从发射端输入的LVDS数字信号首先经电平转换电路变成TTL电平信号进入可编程数据处理单元,此处可根据实际需要进行数据缓冲、速率转换或二次复接等处理,然后以并行方式进入更高速的数据复用单元完成并/串转换和适合光线路传输的码

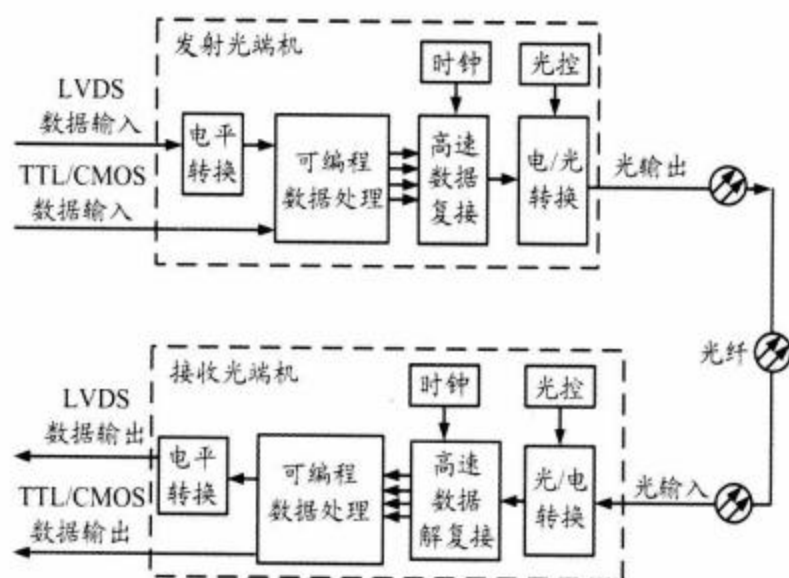


图3 数字信号光传输技术实现原理框图

型编制。电/光转换单元主要完成高速串行数字码流的数字光调制,将电信号转换成光信号输出。

接收端的信号流程基本与发射端互逆,在进行双向传输系统设计时可实现自环自检,光信号首先经光接收单元完成光/电变换恢复出高速串行码流,高速串行码流进入高速数据解复用单元,得到并行的高速数据流,再经可编程芯片完成二次解复用或速率转换,打包成客户所需的数据格式输出。

3.3 实际传输测试

按照上述设计方案,对一给定的数据链系统信号进行了实际电路设计。模拟信号包括3路1600~2400MHz的模拟信号,信号幅度为-100~0dBm,输入动态范围超过100dB。数字信号包括2路60Mb/s的LVDS信号和2路3Mb/s的TTL信号,信号传输距离为20km。为节省光纤,采用了四波分复用技术,分别选用了1490nm、1510nm、1530nm和1550nm四个常用的CWDM波长,其中3路高频模拟信号分别占用3个波长,4路数字信号经过数据复接后合并成1路高速数据占用1个波长。经测试所有技术指标均满足设计要求,证明本设计是切实可行的。

4 结束语

随着国与国间军事力量的不断发展,加强战术数据链的数据传输保密性、抗干扰性、抗毁能力,以及提高传输数据速率都是重要的努力方向。光纤传输技术的发展,为实现战术数据链全球范围内的通信不受距离、时间和传输带宽等方面的限制,使各类重要军事信息畅通传递创造了条件。在要求语音、数据和图像信息综合传输的时代,光纤传输技术在数据链上的应用必定是支撑信息传递的主要手段。