

基于近场光通信的高铁大数据传输方案设计

唐 晓,裘晓磊,蒋 蔚

(中国电子科技集团公司 第三十四研究所,广西 桂林 541004)

摘要:高速铁路进站后与站台之间数据传输会耗费大量时间,利用近场光通信技术可大大缩减传输时间。通过分析高铁停靠位置误差所需的传输覆盖范围,提出了基于近场光通信的高铁大数据传输方案设计,并完成了样机的研制和数据传输实验。实验结果证明:该技术可以在宽松的位置内,实现车地天线之间的自动对准,完成万兆高速数据传输。

关键词:近场光通信;高铁数据传输;自动对准;万兆传输

中图分类号:TN929.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-5561(2019)04-0050-04

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.04.011

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Design of high-speed railway big data transmission scheme based on light near field communication

TANG Xiao, QIU Xiaolei, JIANG Wei

(The 34th Institute of CETC, Guilin Guangxi 541004, China)

Abstract: Data transfer between the station of high-speed railway and platform will take a lot of time, but transmission time can be greatly reduced by using light near field communication. By analyzing the transmission coverage required the error of parking position of high-speed railway, and puts forward high-speed railway big data transmission based on light near field communication, and the principle prototype and the experiment of data transmission has been completed. Experiments show that the technology enables automatic alignment of transmission modules between two platforms in loose position, completing the transmission of 10 Gigabit ethernet.

Key words: light near field communication; high-speed railway data transmission; automatic alignment; 10 Gigabit Ethernet

0 引言

高铁列车在停靠后,需要将太比特数量级的车辆运营数据传输到地面存储、分析,而目前国内外车地数据传输使用的手段主要是新岸线 EUHT、GSM-R、LTE-R 和 WiFi 等,这些传输方式存在通信速率低、频段互扰、易受电磁干扰、终端体积大和功耗高等问题,难以满足高铁列车与地面数据传输的发展需求^[1]。采用近场光通信技术是解决这些难题的有效手段,该技术通信速率可达 10~100Gb/s,同时具有抗电磁干扰能力强、体积小、质量轻和功耗低等优点,是实现高铁列

车无线快速传输的最佳手段^[2]。本文以高铁平台数据传输为例,设计近场光通信样机,并完成功能试验。

1 技术方案

1.1 技术背景和要求

各国或地区车地传输方式及速率对比如表 1 所示。考虑到各国和各地区目前采用的车地传输速率远远达不到使用要求,利用近场光通信技术可大幅度提升传输速率。

表 1 各国或地区车地传输方式及速率对比

国家或地区	高铁名称	无线接入系统	平均通信速率(Mb/s)
中国	京津城际	EUHT	下行+上行:153
德国	ICE	GSM-R	下行/上行:0.05/0.05
法国	TGV	双向卫星/GPRS/UMTS/Wifi	下行/上行:2/0.512
日本	新干线 N700	同轴泄露电缆/Wifi	下行/上行:2/1
中国台湾	台北-高雄	WiMax 实验系统	下行+上行:10~30

收稿日期:2018-12-19。

作者简介:唐晓(1991-),男,本科,助理工程师,主要研究方向为空间光通信。参与 KJZ 电子信息综合应用中光纤穿舱研发工作,参与天地一体化概念演示系统应用项目,负责完成多项近场光传输项目。



车地近场通信设备在具有大容量(万兆以太网)信息传输能力的同时,能够满足列车在一定范围内自由停车的需求,并克服车辆晃动对系统产生的影响。

由于高铁车厢节数的不同及停靠误差,设计要求近场光通信端机能够在有效停车距离 $\pm 2.5\text{m}$ 、车地端机横向距离 1.5m 、纵向距离 $5\sim 20\text{m}$ 范围内的任意位置进行万兆信息传输。

1.2 总体设计方案

当高铁进入动车段的车辆库停稳后,车载端近场光通信设备便能与地面端近场光通信设备进行无线连接,将存储在高铁的转储主机上的数据以万兆比特速率发往地面端,其数据传输示意图如图1所示。

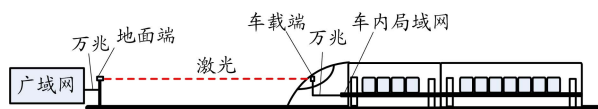


图1 车地数据传输示意图

根据设备功能要求,近场光通信设备由万兆电光传输模块、光学系统、自动对准系统和电源系统等组成,其功能组成框图如图2所示。万兆电光传输模块主要完成以太网电信号和光信号之间的转换,并根据需要进行光信号放大完成功率提升。自动对准系统保证车载近场光设备和地面近场光设备在车辆自由停

车后光路对准,满足光学系统要求。电源系统满足车载、地面安装时供电系统和设备工作电源要求。

1.3 万兆电光传输模块

万兆电光传输模块由以太网处理模块、光电/电光变换模块组成,其功能组成框图如图3所示。

以太网处理模块中的万兆接口芯片完成以太网信号和XGMII信号的转换;FPGA负责将物理层的收发信号进行解码和编码,并为光电自动增益及温度补偿电路提供控制信号。

光电/电光变换模块中的激光器驱动电路利用FPGA产生的串行数据完成对激光器的驱动,驱动方式为恒流驱动,具有温度补偿功能,可以实时保证输出功率稳定。激光器完成电光转换功能,采用 1550nm 波段,单模光纤输出,输出光功率为 1mW ,可实现 10Gb/s 的调制速率。探测器完成光电转换功能,本文采用InGaAs-Apd探测器,接收灵敏度可达 -30dBm ,并具有自动增益控制功能,使得动态范围保持最佳状态^[4]。前放电路和时钟恢复模块将微弱的电流信号转换成后续处理电路所需要的数据和时钟信号。当传输距离加大时,为保证链路功率余量,需要采用掺铒光纤放大器(EDFA)作为线路放大器;但当传输距离减小时,引入EDFA会导致接收端功率过载,因此我们在

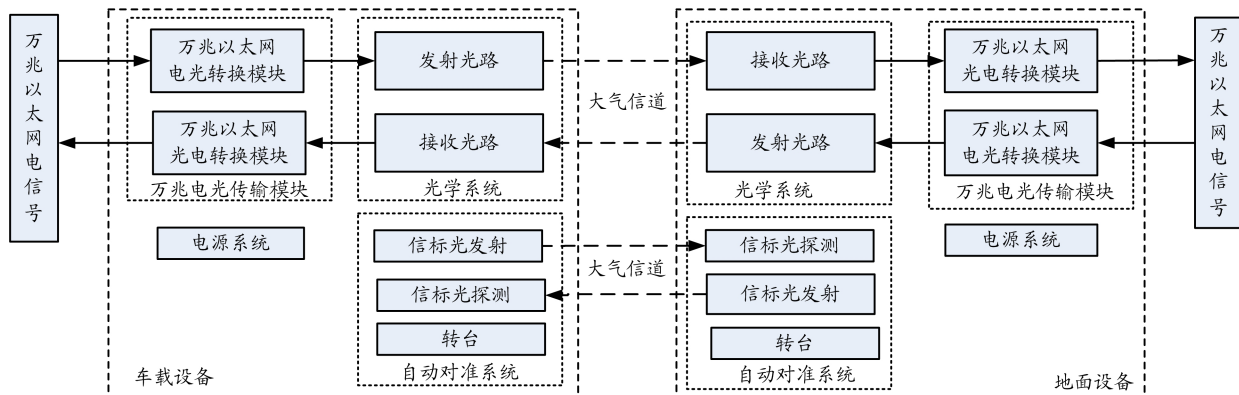


图2 近场光通信车地传输原理框图

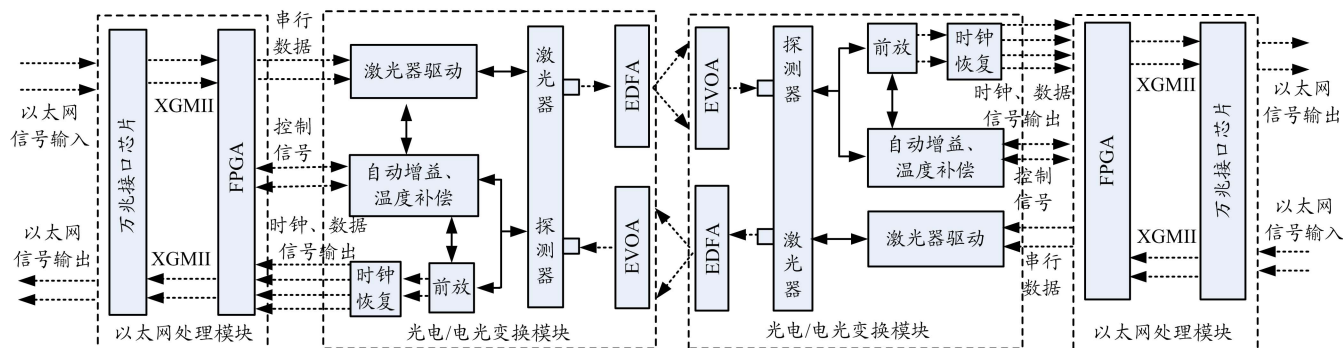


图3 万兆电光传输模块原理框图

接收端加入电可调衰减器(EVOA),可根据接收功率的大小来调节 EVOA 的衰减值,达到调节接收功率大小的目的,使接收功率始终处于最佳状态。

1.4 自动对准系统

为满足在停靠精度内任意点完成万兆通信,我们采用了自动对准系统,包括信标光、CCD 阵列、对准控制器和电机驱动模块。信标光通过聚焦透镜汇聚到 CCD 阵列上,对准控制系统根据成像位置计算出入射光束的入射角度,据此确定对方端机所处的位置同时向电机反馈控制指令,电机收到指令后调整转台转向,实现终端之间的对准跟踪。

自动对准系统功能组成框图如图 4 所示。信标光源采用 980nm 激光器,发送光功率最大可达 80mW,发散角为 340mrad;采用尺寸为 6.8mm×5.5mm 的近红外波的 CCD,具有大探测灵敏度,可使系统获得较高的捕获、跟踪视场,提高系统的跟踪效率,且 CCD 可以对光斑位置偏差值进行量化,便于系统的控制;对准控制模块采用重心算法模式,根据 CCD 阵列各个像素上的光强,计算出光斑的重心,从而反馈控制指令;电机采用步进电机,具有控制精度高、矩频特性好等优点,符合自动对准系统要求。

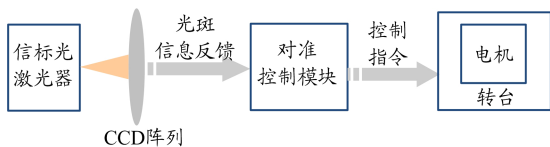


图 4 自动对准系统功能组成框图

1.5 光学系统

光学系统由 3 部分组成,分别为信标光跟踪光学系统、发射光学系统和接收光学系统。

随着通信距离变大,有效停靠距离范围对应的角度减小,当通信距离为 5m 时,对应的视场角度达到 19.65°,一般的透镜很难达到如此大的视场角度。我们权衡了视场角度与镜片价格、尺寸的对应关系,选择满足通信距离为 10~22.5m 视场角的跟踪透镜,而更大视场角度利用自动对准系统进行补偿。当通信距离为 10m 时对应视场角度约为 4°(70mrad),15m 时对应视场角度约为 1.94°(34mrad),22.5m 时对应视场角度约为 1.09°(19mrad)。考虑通信距离为 10m 时的大视场需求条件,采用光敏面为 6.8mm×5.5mm 的 CCD 和口径为 25mm、焦距为 60mm 的聚焦透镜作为跟踪探测系统,其光路仿真图如图 5 所示。跟踪视场角约为 6.5°×5.3°,该系统满足 10~20m 距离的跟踪视场需求,各视场角下的跟踪接收弥散斑如图 6 所示。

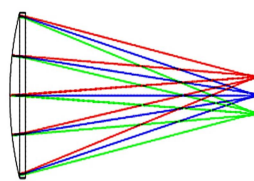


图 5 跟踪系统光路仿真图

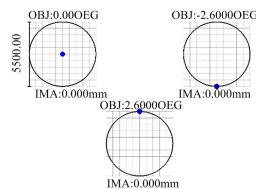


图 6 各视场角下跟踪接收弥散斑

采用焦距为 25mm 的正透镜对 1550nm 信号激光进行准直,准直光发散角理论最小可达 0.4mrad,这就使信号光经过远距离传输后仍能保持充足的光功率密度,从而保证对端接收功率充足。信号发射光路仿真图如图 7 所示,发射光束弥散斑如图 8 所示。

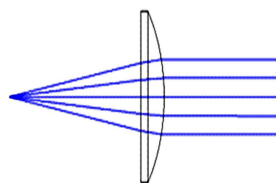


图 7 发射光路仿真图

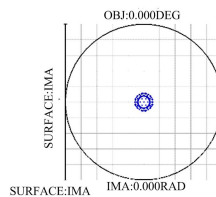


图 8 信号发射弥散斑

通过口径为 25mm、焦距为 50mm 的聚焦透镜将信号光耦合进多模光纤进行信号接收。接收光路仿真图如图 9 所示,最大接收视场角约为 1.25mrad,各视场角接收弥散斑如图 10 所示。

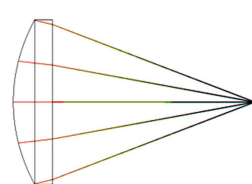


图 9 接收光路仿真图

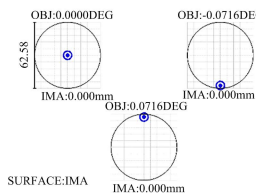


图 10 各视场角接收弥散斑

1.6 电源系统

车载端采用 110V 直流供电,地面端采用 220V 交流供电,整个设备采用小型化、低功耗和低噪声的设计思路,在电源系统转换效率和体积要求的基础上,采用线性稳压电源(LDO)与开关式稳压电源(AC/DC-DC)相结合的设计思路,既保证了转换效率,又提高了系统的稳定性。电源模块原理框图如图 11 所示。

考虑到设备中步进电机功耗相对较大,工作电压

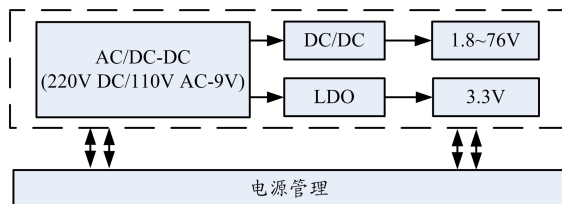


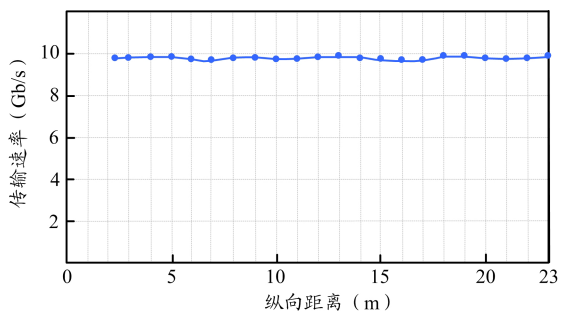
图 11 电源系统原理框图

为 DC 9V, 并且后级电源模块中高压转低压转换效率高, 因此, 本文选用 220V DC/110V AC-9V 为首级电源转换模块, 转换效率为 90%, 具备低纹波输出、低静态功耗等特性; 次级转换模块采用 LDO 与 DC-DC 相结合模式, 其中光电探测、激光器发射等对电源质量要求高的部分采用 LDO 模块供电, 其余功耗较大、对电源质量要求一般的采用 DC-DC 模块供电。电源管理单元完成整个电源系统的管理, 包括欠压保护、过流保护和软启动等功能。

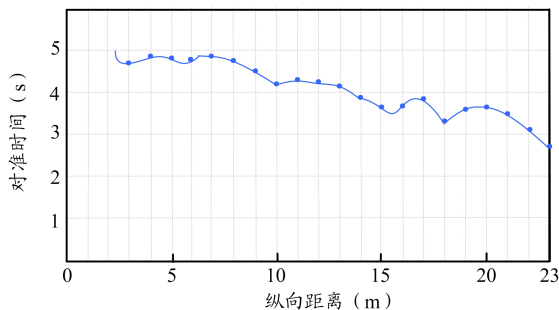
2 数据传输实验

为保证实验尽可能地与真实环境相吻合, 我们模拟了高铁进站停靠所导致的误差, 在横向距离 1.5m、纵向 2.5~22.5m 内的每一米 (有效停车距离与车地端纵向范围的最大差值) 均进行传输速率和对准时间的测试, 测试结果如图 12 所示。当纵向测试距离加大时, 车载端与地面端的传输速率均保持在 9.65Gb/s 以上, 满足万兆传输要求; 随着纵向距离的减小, 跟踪视场角会随之加大, 对准时间也会有所增加, 但最大对准时间 $\leq 5s$ (纵向距离 2.5m 时), 对准迅速, 满足使用要求。实验使用的自动对准天线与万兆端机实物图如图 13 所示。

实验结果表明: 整个传输设备在有效停车距离



(a) 传输速率测试



(b) 对准时间测试

图 12 传输速率和对准时间的测试



(a) 自动对准天线实物图



(b) 万兆端机实物图

图 13 自动对准天线与万兆端机实物图

为 $\pm 2.5m$ 、车地端机横向距离 1.5m、纵向距离 5~20m 范围内可以任意位置进行万兆传输, 自动对准时间 $\leq 5s$ 。

3 结束语

本文提出了一种基于近场光通信的高铁大数据传输方案设计, 通过光学仿真及光学设计确保了在传输范围内任意位置可正常通信, 通过传输系统和电源系统设计保证传输的大带宽, 解决了车地数据快速传输问题, 为下一代平台数据传输提供了一种高速、可靠和便捷的解决方案。下一步我们将进行自动对准天线与万兆端机一体化便携设计, 进一步方便地面端人工方式的万兆传输。

参考文献:

- [1] 张毅. NFC 能取代蓝牙和 WIFI-NFC 实际速度体验[J]. 电脑迷, 2013(24):39-40.
- [1] 刘学. 基于近距离无线激光传输的移动存储器 [J]. 电科学院学报, 2016, 11(3):12-12.
- [3] 盛雪锋. 点灯上网: 可见光通信技术展望[J]. 上海信息化, 2014(11): 29-31.
- [4] 张良, 李思敏, 张文涛, 等. 基于 ADL5317 和 LM35 的 APD 偏压温度补偿电路设计[J]. 光通信技术, 2014, 38(12):22-23.
- [5] 杨明. EVOA 的衰减自动控制设计[J]. 电子质量, 2009(3):36-39.