

室内无线光通信系统的双链路配置与仿真

何沛南¹,何明友^{2*}

(1.中国民用航空飞行学院 空中交通管理学院,四川 广汉 618307; 2.成都理工大学,成都 610059)

摘要:在室内无线光点对点通信过程中,随时存在受障碍物遮挡而中断通信的可能性。采用双链路来交替传输光信号是最佳解决方案。双链路为直射链路和漫射链路,双信道为直射信道和漫射信道。两者的工作状态可以自动切换,交替工作。仿真结果表明:这种交替工作方式可以使光信号克服障碍物阻挡,实现不间断通信。

关键词:无线光通信;直射和漫射链路;直射和漫射信道;交替收发光信号

中图分类号:TN929.1 文献标识码:A 文章编号:1002-5561(2019)07-0056-03

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.07.013

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Dual-links configuration and simulation of indoor wireless optical communication system

HE Peinan¹, HE Mingyou^{2*}

(1. College of Air Traffic Management, Civil Aviation Flight University of China, Guanghan Sichuan 618307, China; 2. Chengdu University of Technology, Chengdu 610059, China)

Abstract: In the process of indoor wireless optical point-to-point communication, there is always the possibility of communication interruption due to obstacles. It is the best solution to transmit optical signals alternately by using two links mode. Two links are direct link and diffuse link, and two channels are direct channel and diffuse channel. The working state of the two systems can be automatically switched and alternated. The simulation results show that the optical signal can overcome obstacles and achieve uninterrupted communication.

Key words: wireless optical communication; direct and diffuse links; direct and diffuse channels; alternating transmitting and receiving optical signals

0 引言

无线光通信技术因其传输频带宽、容量大和抗电磁干扰等优点一直以来受到不少研究领域的关注。但由于受光传播的本质特点影响,室内无线光点对点传输链路随时存在受障碍物遮挡而中断通信的可能。针对这一问题,本文提出一套采用双链路的无线光通信系统。

收稿日期:2019-03-10。

基金项目:中国民用航空飞行学院科学研究基金(J201811)资助;四川省科技计划项目基金(19YYJC0908)资助。

作者简介:何沛南(1983-),女,博士,毕业于英国华威大学工程学院,光通信专业。现就职于中国民用航空飞行学院空中交通管理学院,研究领域为航空通信及地理信息系统、GIS信息提取与解译。独立主持6项省级和校级相关科研、教研项目。

*通信作者:何明友(E-mail:hmy@cdu.edu.cn)。



1 链路配置

无线光通信系统的核心装置是光信号的发射机和接收机。而发射机和接收机的关键技术是链路和信道。2005年,西蒙(Simon)和维尔恩罗特(Vilnrotter)^[1]对阿拉莫提(Alamouti)^[2]编码方案做了改进,设计了一个2×1链路和信道模型装置。模型装置由2个发射机和1个接收机组成。显然,该模型装置只适用于室外点对点光通信,而不适用于室内光通信。由于室内光通信如果没有漫射收发功能,随时存在受障碍物遮挡而中断通信的可能性。为此,本文基于多输入多输出(MIMO)原理,改进了西蒙和维尔恩罗特的设计,将链路设计为2×2链路和信道模型装置。模型装置由2个发射机和2个接收机组成^[3,4]。其中,2个发射机分别为1个直射机和1个漫射机;2个接收机分别为1个直射接收机和1个漫射接收机。链路和信道的配置根据收发机的功能来设置。直射机使用直射通信链路模

式,漫射机则用漫射通信链路模式。收发机及其通信方式如图 1 所示。直射机的通信方式为光信号通过直射链路和信道以点对点方式通信;漫射机的通信方式为光信号避开障碍物通过漫射链路和信道以漫射方式通信。

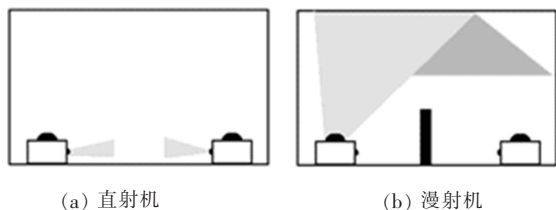


图 1 收发机及其通信方式

该通信系统的工作原理是:直射链路与漫射链路可通过障碍物传感机制得以自动切换,交替工作。当直射链路处于工作状态时,光信号通过直射链路进行点对点传输(图 1(a))。当直射链路被障碍物阻挡时,光信号不能在直射信道收发,障碍物传感控制系统会自动将链路切换到漫射链路,由漫射链路接替进行光信号的传输(图 1(b))。当然,如果需要,两者可同时开启信号收发,组成收发天线阵列形成多天线传输模式。

2 仿真实验结果

2.1 演示器

为了检验本文设计的室内无线光通信系统的链路和信道设计的实用性和可靠性,我们研制了仿真演示器。演示器主要由信号光源 LED^[5,6]、编码器、调制器、解调器、解码器、发射机和接收机等功能部件组成。基于 MIMO 的无线光通信系统如图 2 所示。其中, T_1 为直射发射机, T_n 为漫射发射机; R_1 为直射接收机, R_n 为漫射接收机。该系统的工作原理是:无线光信号输入调制器,调制器将光信号调制成 4-PPM 信号^[2,3]。在编码器中,4-PPM 信号将被编码成几个相互正交的子信号流。然后,子信号流将被发送到不同的发射机。发射机将其转换成光学信号发射到大气信道中。在接收端,LED 采集光学信号,然后将光学信号转换成电子信号进行解码。在解码器上,利用最大似然估计

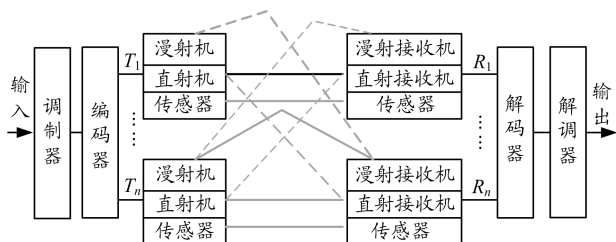


图 2 基于 MIMO 无线光通信系统

(ML)规则先对电子信号进行组合判断,再将经过判断的子信号流恢复为原来的子信号流。最后,该子信号流被发送到解调器进行解调和输出。

根据图 2,我们自行研制了演示器,其实物图如图 3 所示。2 台发射机和 2 台接收机在房间内的摆放场景如图 4 所示。图 4(a)中, d_{R1R2} 与 d_{T1T2} 分别表示 2 台接收机和 2 台发射机之间的初始距离。 R_x 表示 2 台接收机: $R_x(0.8m, 1m, 2m)$; T_x 表示 2 台发射机: $T_x(0.3m, 1m, 2m)$, 括号中的数字是做漫发射信号和漫接收信号演示实验时的可调距离。图 4(b)为 2 台发射机和 2 台接收机在房间内摆放场景及光传输模拟实验计算机仿真图。

2.2 试验结果

我们依照设计分别做了 4 种情景下光信号的发射和接收的仿真机试验,主要实验参数如表 1 所示。



图 3 演示器(光源由 16 个 LED 组成)

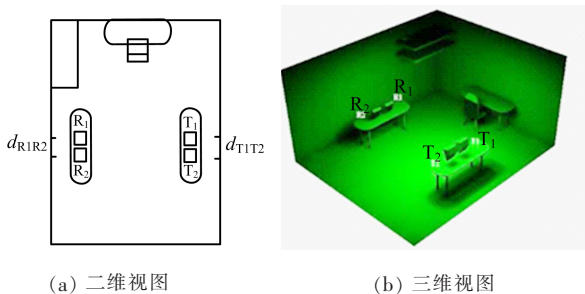


图 4 收发机在房间内的摆放场景

表 1 主要实验参数

通信方式	接收机	发射机	接收功率(mW)	路径损耗(dB)	直流增益(dB)
直射机 VS 直射接收机	R_1	T_1	2.73×10^{-5}	-72.6	5.45×10^{-8}
直射机 VS 漫射接收机	R_2	T_1	2.38×10^{-5}	-73.2	4.74×10^{-5}
漫射机 VS 直射接收机	R_1	T_2	1.84×10^{-5}	-74.4	3.67×10^{-8}
漫射机 VS 漫射接收机	R_2	T_2	1.62×10^{-5}	-74.9	-79.1

何沛南,何明友:室内无线光通信系统的双链路配置与仿真

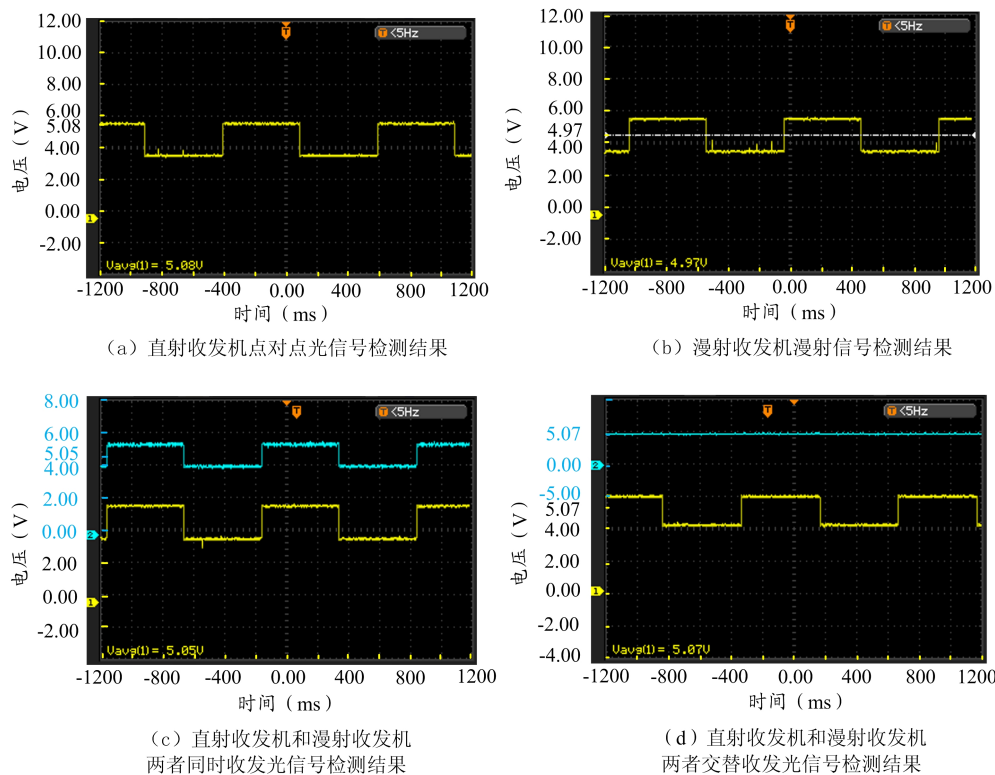


图5 仿真实验结果

该实验是在英国华威大学工程学院实验室做的,检测仪器为示波器,型号为 RIGOL-DS6000,带宽为 1 GHz,实时采样率为 5 GSa/s,存储深度可达 140 Mpts,波形捕获率为每秒 18 万个波形数字。

仿真实验的检测结果如图 5 所示。结果表明:

①图 5(a)中,黄色的信号波为接收端直射链路和信道接收到的信号。从信号波形可以看出,信号稳定性良好。

②图 5(b)中,黄色的信号波为接收端漫射链路和信道接收到的信号。其信号波形与直射链路和信道接收的信号波形一样,信号也具有较好的稳定性。

③图 5(c)中,蓝色信号波为直射链路和信道检测到的信号。黄色信号波为接收端漫射链路和信道检测到的信号。蓝色信号波形和黄色信号波形几乎完全一样。这说明直射收发机与漫射收发机在同时收发光信号的情况下,从漫射链路和信道发送的光信号几乎没有干扰直射信道接收光信号,两者的接收端都能很好地接收到信号。

④图 5(d)的场景为:直射链路和信道正在交替发射和接收光信号,接收机接收到的信号波形(蓝色)与图 5(c)的信号波形一样。这时,用手掌遮挡直射机发射的光信号(直射机与手掌之间的距离为 20 cm,直射机与接收机之间的距离为 1 m),蓝色信号波形立即显

示为 1 条平坦的信号波线。这表明直射信道的信号已被中断。另外,在直射链路和信道受阻的同时,受控于传感器的转换器立即切换到漫射链路和信道,开始收发信号。图 5(d)中黄色的信号波为漫射接收机接收到的信号,其信号波形与图 5(c)黄色信号波形完全一样。这个结果与图 5(c)的漫射收发机仿真的结果是一致的。

3 结束语

本文基于光的直接特性和漫反射特性所设计的室内无线光通信系统,其链路和信道配置合理。使得通信系统既具有直射收发信号功能又具有漫射收发信号的功能。

这 2 种功能密切配合,有效地解决了无线光通信过程中光信号传输遭受到障碍物阻挡而导致通信中断问题,实现了不间断通信。

本通信系统具有实用性和可靠性,并具有推广应用价值,不仅适用于飞机客舱和机场,还可以为游轮客舱、火车车厢等无线光通信系统的设计与设备研制提供参考。

参考文献:

- [1] SIMON M K, VILNROTTER V A. Alamouti-type space-time coding for free-space optical communication with direct detection [J]. IEEE Trans WirelCommun, 2005, 4(1): 35-39.
- [2] ALAMOUTI S M. A simple transmit diversity technique for wireless communications[J]. IEEE J Sel Area Commun, 1998, 16(8): 1251-1458.
- [3] HE Peinan. A New Design of Devices and Links Configuration for Indoor Optical Wireless Communications [D]. PhDthesis: University of Warwick, 2015.
- [4] 何沛南,何明友. 室内无线光通信正交空时编码及调制技术[J]. 航空计算技术, 2018, 48(1): 127-134.
- [5] ZENG L, O'BRIEN D C, MINH H, et al. High data rate multiple input multiple output(MIMO) optical wireless communications using white LED lighting [J]. IEEE Journal on, Selected Areas in Communications, 2009, 27(9): 1654-1662.
- [6] KOMINE T, NAKAGAWA M. Fundamental analysis for visible-light communication system using LED lights [J]. IEEE Transactions on, Consumer Electronics, 2004, 50(1): 100-107.