

文章编号: 1672-8785(2009)07-0027-05

无线光互连技术发展综述

安 恺 刘永智

(电子科技大学, 四川 成都 610054)

摘 要: 人们对无线宽带通信技术的需求在近些年稳步增长。无线电波频谱的带宽限制和频带拥堵, 通过微波无线网络的发展已经有了明显的改善。然而, 无线光互连技术才能使得数据传输带宽达到理想的要求。作为许多无线通讯系统的最终方案, 无线光互连也被选择为长期的解决策略。并且, 无线光互连的大量优势还没有得到完全的发掘, 许多基础性和应用性的研究还需要在实验层面和商业应用层面加以深入。国外, Gb/s 的无线光传输已经在实验室中得到了验证, 然而, 可用的室内无线光互连系统也仅仅达到了 155Mb/s 的速度。下面将着重从收发系统、性能及安全性方面对无线光互连技术作一概况阐述。

关键词: 无线红外传输; 收发系统; 性能; 安全性

中图分类号: TN292 **文献标识码:** A

Overview of Wireless Optical Interconnection Development

AN Kai, LIU Yong-zhi

(University of Electronic Science and Technology of China, Chengdu 610054, China)

Abstract: In recent years, people's demand for wireless wide-band communication is growing stably. Because of the development of microwave wireless network, the bandwidth and frequency of radio wave are improved greatly. However, only wireless optical interconnection can meet the ideal wide-band requirement of data transmission. As the final schemes of many wireless communication systems, wireless optical interconnection techniques are also selected as the long-term solution strategies. Moreover, many advantages of the wireless optical interconnection have not been fully mined and a lot of basic and application research need to be further carried out at both experimental level and commercial level. At abroad, the wireless optical transmission at Gb/s has been verified in laboratory. However, the indoor wireless optical interconnection system in use only can operate at the speed of 155Mb/s. In this paper, the transceiver, performance and security of the wireless optical interconnection technique are overviewed.

Key words: wireless IR communication; transceiver system; capability; security

1 引言

在过去的 20 年里, 无线通信变得极其普遍。无线通信带给人们的很大魅力是, 它轻松地降低了组织内通信的复杂程度和通信成本, 并实现

了移动化, 使得人们能畅快地实现信息传递。例如, 考虑到一个大公司的通信需求, 这个网络里面大约 30% 的通信节点需要每年再分配一次^[1]。而无线通信则可使其内部的节点变更变得更为简单方便。此外, 无线通信有着适合移动通

收稿日期: 2009-03-05

作者简介: 安恺 (1983-), 男, 山西晋中人, 硕士研究生, 研究方向为无线光通信。E-mail: Kai.An1983@gmail.com

信的天然特性,这使得它有着更为广阔的发展空间。

当今最为主流的无线通信手段有两种:微波系统(RF系统)和红外系统(IR系统)。微波在通信工业中建立起来的大量应用经验,使得微波系统得到了长足的发展。它提供了较高的覆盖频段和许多兼容的相关设备。微波无线通信的应用程度在上世纪九十年代呈现出指数形式的增加。但另一方面,对应用带宽的更大需求以及微波频段内的拥堵,激发了人们发展红外光通信的热情。

利用十分普及的红外光作为传输媒质进行通信的想法一经提出,自由空间光传输等一系列相关实验就迅速展开^[2]。为此,成立了旨在发展无线光通信技术的国际红外数据组织^[3]。此后推出的针对无线局域网(WLAN)的IEEE 802.11 IR标准作为光互连技术的一个成果也推动了光互连技术的发展。

早期的无线光互连研究主要集中在红外相关产品和一些技术的设计上^[1,4]。因而,在发射机和接收机之间,也产生了基于视距链路和方向角度的六种不同的红外连接方式^[5-7]。而且,红外辐射对人眼的影响程度也被作为一个重要的考虑因素,从而促进了安全性更高的红外设备的设计^[4,8]。

2 无线光通信系统

无线光传输可根据发射和接收两端的距离分为长距离和短距离两种。长距离一般用于户外大于100m的距离,来连接两个不同的网络,并且需要功率较大的激光光源^[9]。但大功率的激光对人眼是有一定的危害的。

短距离可用于户外也可用于室内。室内无线光通信系统一般用在家庭和办公室中,由很多的基本子单元构成网络,每个基本子单元又有一个基站和一组计算机主机,如图1所示。但由于红外技术的特点,室内无线光互连被局限在一个单一的空间内,不同空间之间仍旧需要用光纤进行连接^[10,11]。然而,由于在室内大气对光传输的影响要比在室外小很多,几乎可以忽略不计,因此避免了无线光通信中的一个很大的弊端。

在室内的无线光互连系统中,光发射机和光接收机之间的方向角度和视距链路决定了室内光通信的成败^[12]。现在比较普遍的有两种基本的连接方式:直接连接和反射连接。很容易想象,反射连接方式的光信号的衰减将会十分明显,但通过接收机的放大补偿,其光信号能够恢复到直接连接的光强水平。

2.1 无线光通信的优势

从传统意义上来讲,我们说的无线通信技

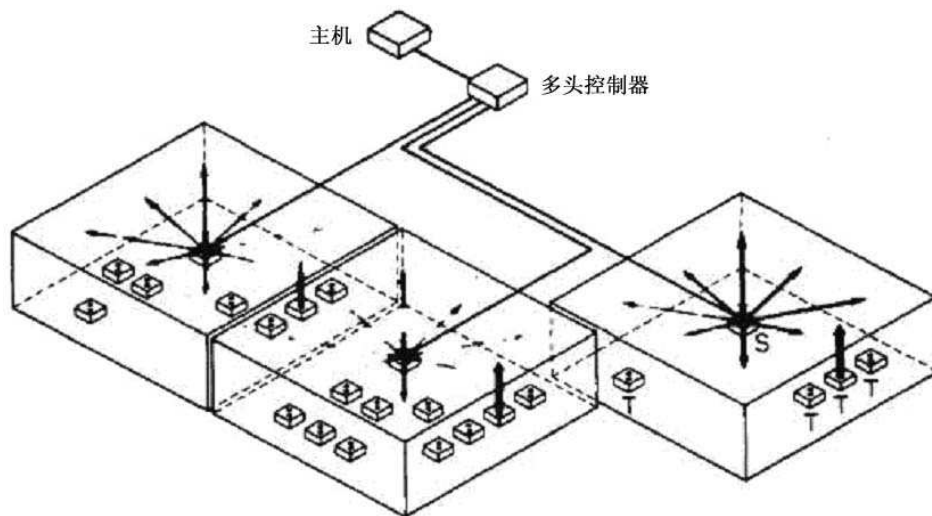


图1 室内无线光互连示意图

术指的就是无线电频率 (RF) 通信。而且, RF 通信的长期应用经验以及它较宽的频带覆盖和良好的障碍物穿透能力, 也是我们大量采用它的原因。但是随着数据通信频率的提高, RF 系统的上述优点几乎消失。因为高频限制将使得视距链路变得明显。而且, 高频 RF 系统的设备既庞大又昂贵, 所以很多 RF 系统都采用了低载频来避免丢失过多的缺点。但这样同时也带来了低载频的数据速率较慢的问题。另外, 民用 RF 设备的频率也受到每个主权国家的限制, 使得带宽被固定在一个特定的范围之内, 并不能完全发挥其优势。例如, 美国的无线电系统工作在 2.4GHz、5.8GHz 和 60GHz, 是不需要联邦通信委员会许可的。今后一段时间内, 无线电系统无疑仍将继续提供庞大的无线通信服务, 但红外无线互连系统以其更为巨大的带宽吸引着人们去探索光互连的世界^[13]。

表 1 列出了无线互连技术的一些优点。当然, 光互连技术目前仍存在着比较大的缺陷。比如, 之前提到的红外光有可能对人眼造成伤害。要想解决这一问题, 就需要降低光线能量, 这样便直接导致了对高灵敏接收端的要求, 使得系统设计的复杂程度大大提高。无线光互连中的视距链路系统受阻碍物的影响是比较大的, 甚至会造成通信中断。下面就针对光互连中的几个重要方面作些说明。

2.2 无线光互连系统

首先, 无线光互连系统的设计会受到系统工作环境的巨大影响。因此室内无线光互连系统与室外系统在设计考虑上也有着很大的差别。

举例来讲, 移动通信的灵活性在室内无线通信中有着很重要的考虑, 而室外通信则基本上有点到点的通信方式^[17]。然而, 室内和室外无线光通信也有类似之处, 比如说, 它们都需要考虑达到最佳发射预期。但同时要达到预期的执行方式可能又是不同的。例如, 室外系统的光发射源可以调整到较大的功率上, 但在室内环境中, 考虑到可能对人体造成的伤害, 就只能用 LED 作为发射光源。

因此光发射机的主要设计任务就是对光源的选取。现在比较普遍的光发射源就是激光器和 LED。激光源可以通过进行高功率传输来达到高速通信的效果。然而, 由于激光的高能和高汇聚特性, 它们也会对人的视网膜产生危害。而且, 激光的良好方向性也使得它容易被移动的人体遮挡而影响通信质量。因此, 激光光源通常是作为户外光通信的光源使用的。另一方面, LED 则是室内光通信的更好选择。LED 是辐射范围较宽的光源。当照射到人眼视网膜的时候, 它不会像汇聚光束那样带来伤害。然而, LED 作为低功率光源也限制了带宽容量。但是, 国外通过使用 LED 阵列已极大地改善了它的发射光能量。另外, LED 比激光光源有着更好的抗破坏能力。

那么, 一般来说, 无线光互连接收端必须能够接收大量的输入信号。在光纤网络中使用的跨到倒数并不适合无线光互连, 因为使用这种结构会使系统在获得超大带宽的同时, 也带来巨大的系统噪声^[6,7]。因此, 一种将跨到倒数和绑定手段混合使用的技术经常在无线光互连系

表 1 光互连技术的优势

优点	描述
无约束光谱	即允许在独立空间内使用的光谱不受法律限制
超大带宽	能够为高速率应用提供极大支持
光电技术应用	使得生产更为便宜、功耗更低的通信组件成为可能
低干涉	能够降低系统成本
复用性	使得接近的系统可以使用相同的通信设备和波长
窃听限制	使得信息安全技术更为简便, 不易被远距离窃听
低能耗	节约成本

统中使用。接收装置中使用的光电探测器则主要是 PIN 和 APD。PIN 一般可用于大多数接收装置尤其是室内接收装置,它对温度的要求不高,并且运行功耗低。而 APD 的探测灵敏度要高很多,适用于性能要求高的接收装置。

2.3 无线光互连系统的性能

虽然研究人员一致承认无线光互连系统有着巨大的优势,但它也并不是一个完美的系统。无线光互连传输中的光信号损耗是无法避免的,尤其是在户外传输中。然而,这种损耗是可以减小的。系统的整体性能在很大程度上受接收机的灵敏度的影响,光干涉也是造成无线光互连系统性能下降的因素之一。

无线光接收机接收到的信号除了特定信号外,还有其他以噪声和干涉形式出现的信号,其中的主要成分来自周围的两种光源:自然光源(如太阳光)和人造光源(如荧光灯、白炽灯)。光干涉在无线光互连中的影响作用根据环境可划分成不同的种类。户外系统(见图 2)主要受到日光的影响,辐射变化缓慢可被当作是未定的辐射,所以会产生散粒噪声;而室内系统的影响则来自人造光源,所产生的噪声也相对复杂。

户外系统的损耗更直接地来源于路径损耗,并且光信号易受雨雾等大气状况的影响,而室内系统则仅受到自由空间损失的影响。损耗大体有以下几种:自由空间损耗,即一部分光能量损耗在空间中;纯净空气对光能的部分吸收;水雾对光能的散射和折射衰减;太阳能对光信号的散射效应。

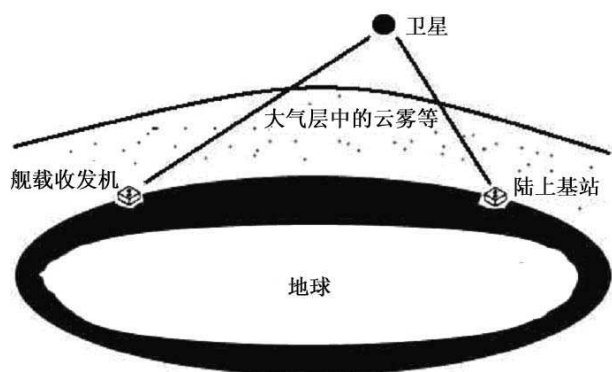


图 2 大气无线光通信示意图

2.4 安全问题

超大宽带的需求促进了无线光通信系统的发展,而无线通信的带宽将达到前所未有的宽度也是毫无争议的。虽然如此,实际生活中的无线光互连系统的传输速率却远小于实验室所能达到的水平。其中一个主要的原因就是对人眼的安全考虑。大功率光源对人眼的直接照射能够引起人体角膜、视网膜和皮肤的损伤。危害的级别可通过光源性质、辐射强度、信号波长和辐照时间四个因素来判断。因此,判断这些危害的程度对系统的安全运行也具有重要的意义。

点光源发射机要比大范围的发射机更具危害。由于 LED 在安全条件下可以达到大功率发射的要求,因而更适用于室内环境。考虑到载波波长,一般认为 850nm ~ 950nm 以及大于 1400nm 的光波对人眼的危害较小,这是因为人的角膜体系对这些波长的光不易透过。另外,一些好的技术已经被提出来并被应用在这一方面,如使用全息摄影使激光光源在发射端发散,以减小其对人眼的伤害。参考文献 [4、8、15] 都讨论了无线光互连中的安全问题。

3 光互连技术的发展趋势

无线光通信委员会在逐步地发展壮大。该组织在无线光互连领域拥有丰富的经验,足以面对大量出现的新挑战。然而,对进一步研究和开发的需求也同样存在。大量的研究集中在增大系统波特率和减小失真效应上。研究人员相信,无线光互连的许多优点还没有被完全开发出来。下面,将介绍一些无线光互连的主要发展趋势。

互联网在过去的几年中深刻地影响着它的数十亿使用者。大量的互联网使用者享受着它所带来的数据、语音和视频的快速传输。前几年,人类实现了互联网的无线接入技术。电信通讯和互联网络的优势正在稳步地发展,并且仍将继续发展。作为全 IP 网络的一部分,无线互联网预计将会服务于更多的用户人群。自由空间光互连 (FSO) 为无线互联网络提供了重要的解决方案。FSO 所带来的高传输速率恰好满足了无线互联网络增加通信容量的要求。

无线光通信的研究表明, 解决“最后一公里”问题也是其中的研究重点。其应用中的超大带宽已经被研究人员注意了很久。相关的研究被区分成两个部分: 供应商和客户。我们看到了供应商所取得的巨大成功, 大容量光纤得到发展。同时, 人们为了增加了光纤的数据传输速率, 还在继续不断地发展已经成熟的技术。而在客户一边, 较慢的通信手段仍在被使用着。因为, 供应商不能肯定的是, 他们铺设光纤设备的大量投入是否能够为其带来预期的回报。在国外, 这种投入大概是每户 1000 美元。现实中, 国外的用户大多也通过其他代替手段连接到光纤网络, 如微波、DSL 或者卫星。因此, 也造成了高速的供应商和低速的用户之间的这一剪刀差。因此, 无线光互连技术已成为解决目前这一问题的有效方案。

4 结束语

本文回顾了无线光通信领域的发展过程, 并对其收发系统、性能、安全性等作了简要描述。无线光互连本身的巨大优势使得其成为极具潜力的通信研究方向, 然而, 由于其现阶段昂贵的价格和并不成熟的应用技术, 它的优异性能并没能造福于广大的互联网使用者。大量针对其通信容量、传输质量和运行安全方面的研究还有待于进一步加深和加强。可以相信, 随着人们对红外无线通信系统的进一步研究和应用, 红外无线传输必将体现出其本身无可比拟的魅力与优势。

参考文献

- [1] M J McCullagh, et al. Optical Wireless LANs: Applications and Systems [J]. *IEE Colloquium on Cordless Computing-Systems and User Experience*, UK, 1993: 8/1-8/3.
- [2] F R Gfell Infrared Data Association [N]. <http://www.irda.org>, April 2003. 1474-1486.
- [3] Infrared Data Association [N]. <http://www.irda.org>, April 2003.
- [4] P Smyth, et al. Optical Wireless: New Enabling Transmitter Technologies [J]. *Proc. of IEEE International Conference on Communications*, 1993 (5): 562-566.
- [5] T Ohtsuki. Multiple-subcarrier modulation in optical wireless communications [J]. *IEEE Communications Magazine*, 2003, **41**(3): 74-79.
- [6] J R Barry. Wireless communication using non-directed infrared radiation [D]. Ph. D. dissertation, Univ. of California Berkeley, 1992.
- [7] J M Kahn, J R Barry. Wireless Infrared Communications [J]. *Proc. of the IEEE*, 1997, **85**(2): 265-298.
- [8] J Alwan. Eye Safety and Wireless Optical Networks (WONs) [N]. available at <http://www.freespaceoptics.com/AirFiber-FSO-Eye-Safety.pdf>.
- [9] A J C Moreira, et al. Characterization and Modeling of Artificial Light Interference in Optical Wireless Communication Systems [J]. *Proc. of 6th IEEE International Symposium on Personal, Indoor and Mobile Radio Communications*, 1995, **1**: 326-331.
- [10] N A Riza. Reconfigurable optical wireless [J]. *12th Annual Meeting Lasers and Electro-Optics Society LEOS '99*, 1999, **1**: 70-71.
- [11] S Miyamoto, et al. Indoor wireless local area network system using infrared and radio communications [R]. *Proc. of 4th Optoelectronics and Communications Conference*, 1999, **1**: 790-793.
- [12] D Wisely. A 1Gbit/s Optical Wireless Tracked Architecture for ATM Delivery [J]. *IEE Colloquium on Optical Free Space Communication Links*, 1996: 14/1-14/7.
- [13] D J T Heatley, et al. Optical wireless: the story so far [J]. *IEEE Communications Magazine*, 1998, **36**(12): 72-74, 79-82.
- [14] R Ramirez-Iniguez, R J Green. Indoor optical wireless communications [J]. *IEE Colloquium on Optical Wireless Communications*, 1999: 14/1-14/7.
- [15] P L Eardley, et al. Holograms for optical wireless LANs [J]. *IEE Proc. -Optoelectronics*, 1996, **143**(6): 365-369.