硕士研究生毕业论文摘要

论文题目：室内光无线通信技术研究与硬件设计

作者：潘乐园

导师：赵春明

近年来，随着通信技术的高速发展，无线频谱资源越来越紧张，利用现有频谱资源进行高速无线通信的成本也越来越高。另外，人们开始关注电磁辐射对身体健康带来的影响，尤其是室内无线通信设备发出的电磁辐射更是人们关注的焦点。鉴于此，基于发光二极管（LED）的光无线通信系统因频谱资源丰富、没有许可限制、能量转换效率高和绿色安全等优点而逐渐成为近年来无线通信领域的研究热点。本论文将就室内光无线通信系统的关键技术和硬件验证平台设计两个方面展开深入研究。

首先，论文介绍了室内光无线通信系统的概况。论文概要描述了光无线通信的发展历史，并列举了近5年来光无线通信系统在学术界的研究成果。同时，论文给出了光无线通信系统与射频无线通信系统的主要区别，包括基带信号传递方式的区别、元器件特性的区别和通信系统的基本结构区别等。然后，论文详细描述了室内光无线通信的信道特征。分析了各种不同光电器件的特性，包括发光器件和光电转换器件，然后介绍了光无线通信中的基本电路结构，并且采用实际设计的电路测量了光无线通信前端模拟电路的基本参数，主要包括系统幅频响应、相频响应、谐波分量、无杂散动态范围、接收灵敏度和基底噪声等。为了更深入的研究光系统，论文还简要介绍并分析了光无线通信系统中的主要噪声源。

其次，论文详细研究了直达径条件下室内光无线通信系统的信道建模方法。论文分别针对光无线通信系统中小功率发射情形和大功率发射情形描述了建立线性光无线信道模型和非线性光无线信道模型的方法，并利用设计的硬件平台上的实测数据分别建立了线性光无线信道模型和非线性光无线信道模型。同时，论文讨论了线性光无线通信信道模型和非线性光无线通信信道模型的主要区别，并且分别给出了其对应的建模条件和应用场景，为针对不同的场景进行仿真提供了基础。其中，光传播信道可以认为是线性信道，而光电转换器件和电光转换器件具有非线性特性。当发射功率和接收功率均较小时，即光电转换器件和光电转换器件均工作于线性区间时，可以认为光无线通信信道为线性信道，从而在此基础之上使用实测数据建立了线性信道模型，为仿真研究线性调制技术提供了仿真基础。与之不同的是，当发射功率较大或接收功率较大时，光电转换器件或电光转换器件工作于非线性区间，则光无线通信信道为非线性信道，在这种情景之下，论文给出了建立非线性光无线通信信道模型的方法，为研究非线性调制技术仿真基础。论文还通过实测数据与模型计算数据的对比，验证了所建立光无线通信信道模型的准确性。

然后，论文在所建立光无线信道模型的基础上研究了光无线通信系统中基带信号处理的关键技术。论文研究了各种基带调制技术在光通信中应用时的频谱效率和功率效率，包括二进制调制（OOK和PPM）技术、多进制调制（DCO-PAM）技术和多载波调制（DCO-OFDM）技术，并且对其做了详细地对比，同时给出了这些基带调制方案分别对应的应用场景。然后选择适合于宽带光无线通信信号传输且利于硬件实现的DCO-OFDM调制方案，通过仿真研究了自适应调制技术在光无线通信系统中的性能。仿真结果表明，使用自适应调制技术之后，在保证误比特率的前提下，系统的频谱效率随着信噪比的提高而提高，不会出现固定调制中的“平顶效应”，性能优于固定调制方案；同时，自适应调制技术在低信噪比环境中仍然能够保证系统的整体误比特率低于所设定的目标误比特率值。接着，为了扩展光无线通信带宽，论文还详细研究了均衡技术在无线光通信系统中的应用，包括数字预均衡滤波器的设计和模拟后均衡滤波电路的设计。仿真结果表明，经过数字预均衡滤波器之后，系统的带宽有了明显的扩展。当使用OOK调制方案时，可以实现200 Mbps比特速率的光无线通信，系统平均信噪比为10 dB时的误比特率约为。另外，为了降低基带信号处理复杂度，论文还给出了模拟后均衡器的设计方案，并使用实测数据说明了模拟后均衡器可以在不增加基带信号处理复杂度的情况下，大幅度提升光无线信道的等效带宽。从实测结果可以看出，使用模拟后均衡电路后，系统的3 dB带宽从约10 MHz提高到了接近80 MHz，为实现宽带单载波光无线通信奠定了基础。

最后，论文设计了室内光通信系统的硬件平台，并在硬件平台的基础之上实现了视频流媒体在光无线通信系统中的传输，验证了光无线通信系统的可实现性。论文给出了室内光无线通信验证平台的整体结构，并在这个结构基础之上设计了光无线通信发射机和光无线通信接收机，然后使用以太网接口实现了光无线通信系统与个人计算机的连接。论文中设计了应用于光无线通信的所有关键模拟电路模块，并且完成了这些模拟电路模块的调试与测试，最后对模块性能分别做了详细的测量与评估。同时，论文使用FPGA实现了基带数字信号处理模块的设计与开发。最终，论文利用所设计的模拟电路模块和基带数字信号处理模块，实现了完整的室内光无线通信系统验证平台，并使用OOK调制方案设计了通信速率为150 Mbps的演示系统。使用这个系统在2米距离下实现了3D 1080p高清视频流媒体的传输与播放。