



非正交多址可见光通信技术研究

林邦姜 博士





目录



1

研究背景

2

研究内容

3

总结

1.1 可见光通信

照明

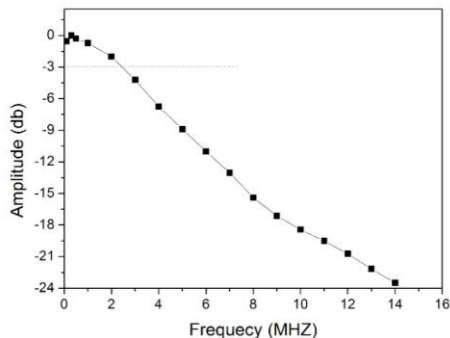


通信

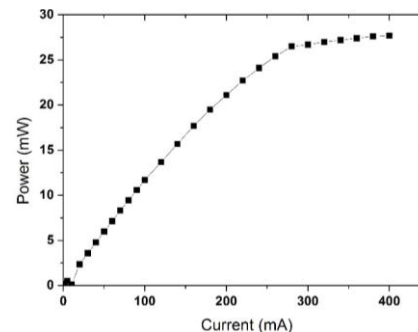
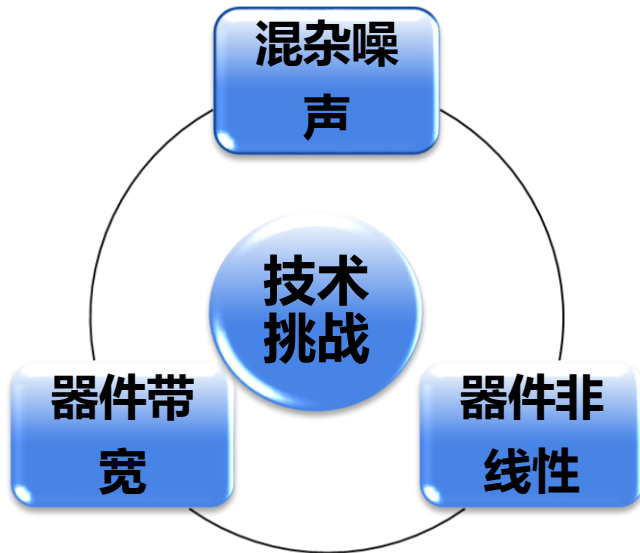
优势

- 无需频谱许可，频带丰富
- 良好的硬件基础
- 绿色、无电磁干扰

➤ 技术挑战

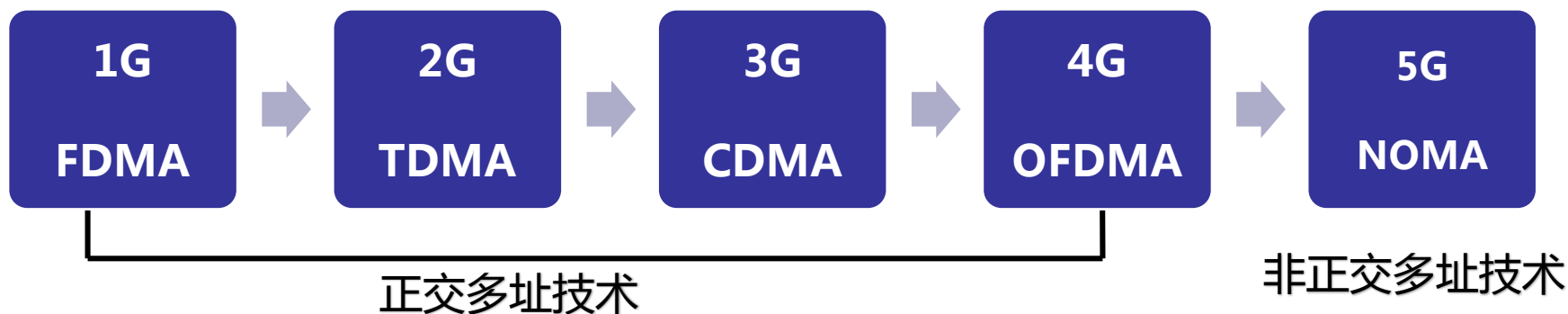


LED的调制带宽曲线
记忆效应，码间干扰



LED的电光转换曲线
信号失真

1.2 非正交多址技术



✓ 常见的非正交多址技术：

- 非正交多址技术 (NOMA)
- 稀疏码分多址 (SCMA)
- 多用户共享接入 (MUSA)
- 图样分割多址技术 (PDMA)

✓ **优点：**提高频谱效率、增加支持用户数

✓ **缺点：**检测算法复杂高、存在误差传递问题

✓ **研究表明：**非正交多址技术能有效提高LED带宽，适合在VLC中应用。



1.3 非正交多址技术国内外研究现状

非正交多址技术存在的技术挑战:

- ✓ 如何实现不同场景下的最佳功率分配方案?
 - 提出高效有用功率分配方案
- ✓ 如何解决SIC算法错误传播问题?
 - 提出无SIC的NOMA解调方案, **基于机器学习的接收机**
- ✓ 如何解决多径衰落引起的线性与非线性失真、LED有限带宽及其非线性
 - 使用预编码、预失真对NOMA-VLC进行非线性补偿
 - **基于机器学习的非线性补偿算法**
- ✓ 接收端检测算法复杂度高
 - 设计低复杂度迭代接收机
- ✓ 实际传输容量受限
 - **MIMO, PCD-NOMA**



1.4 本团队的主要工作

- ✓ 功分非正交多址可见光通信实验系统
- ✓ SCMA可见光通信实验系统
- ✓ MIMO非正交多址可见光通信系统
- ✓ PCD-NOMA可见光通信技术
- ✓ 光功率域非正交多址可见光通信技术
- ✓ 基于卷积神经网络的NOMA-VLC接收机

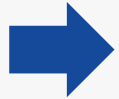
实验性能研究、更高的容量与频谱效率、线性与非线性传输损伤补偿、更优的接收机设计



目录

1

研究背景



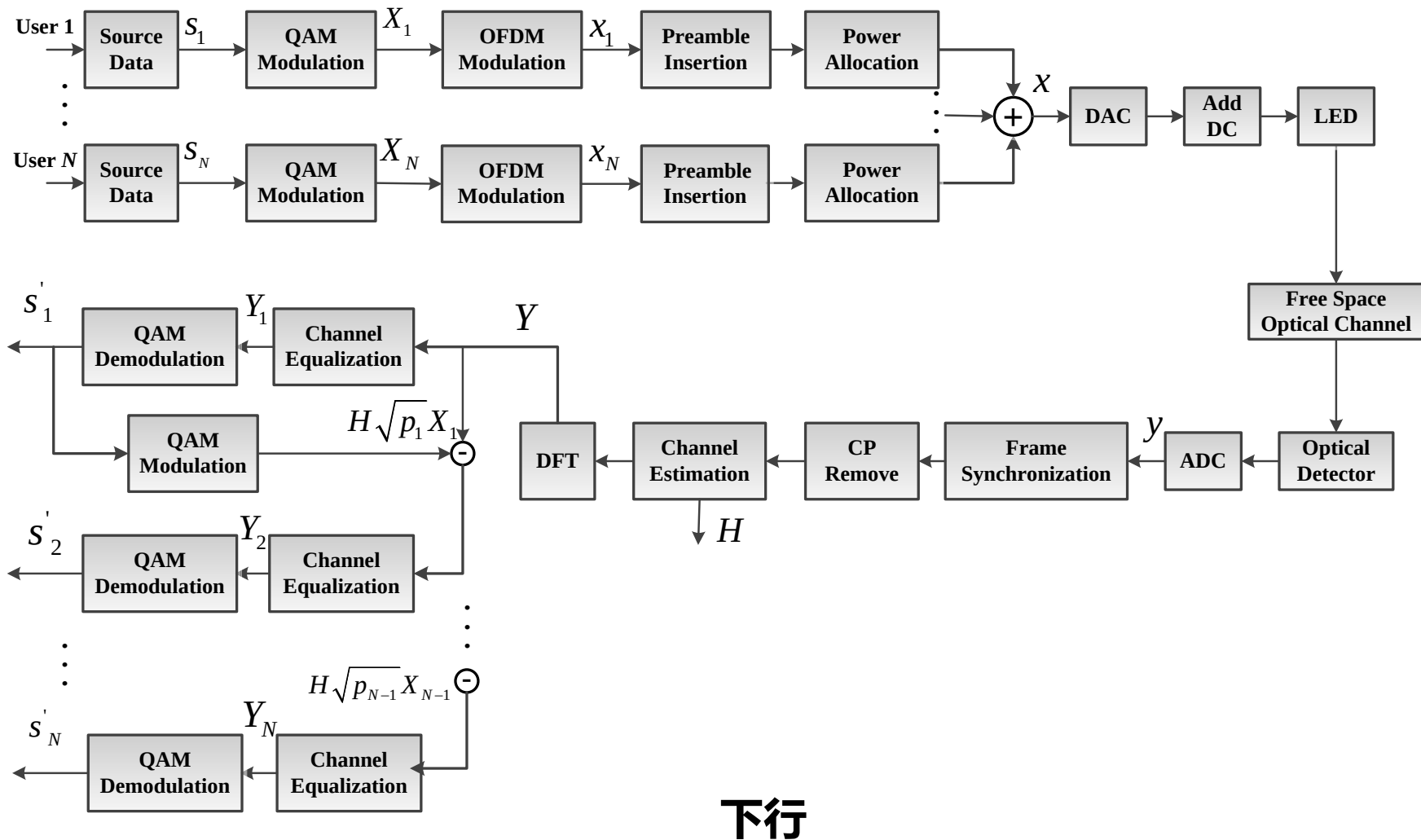
2

研究内容

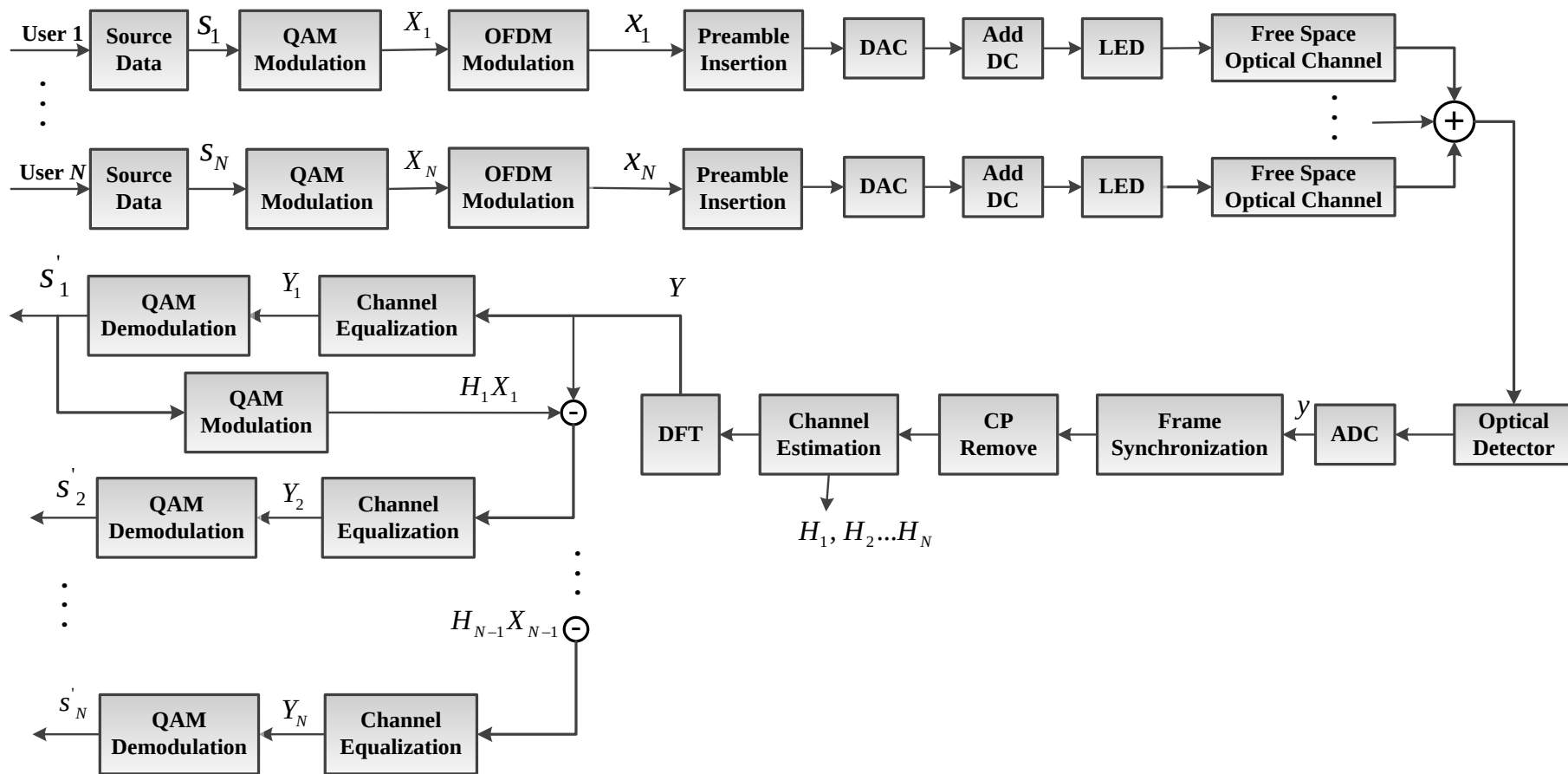
3

总结

2.1 功分非正交多址可见光通信实验系统

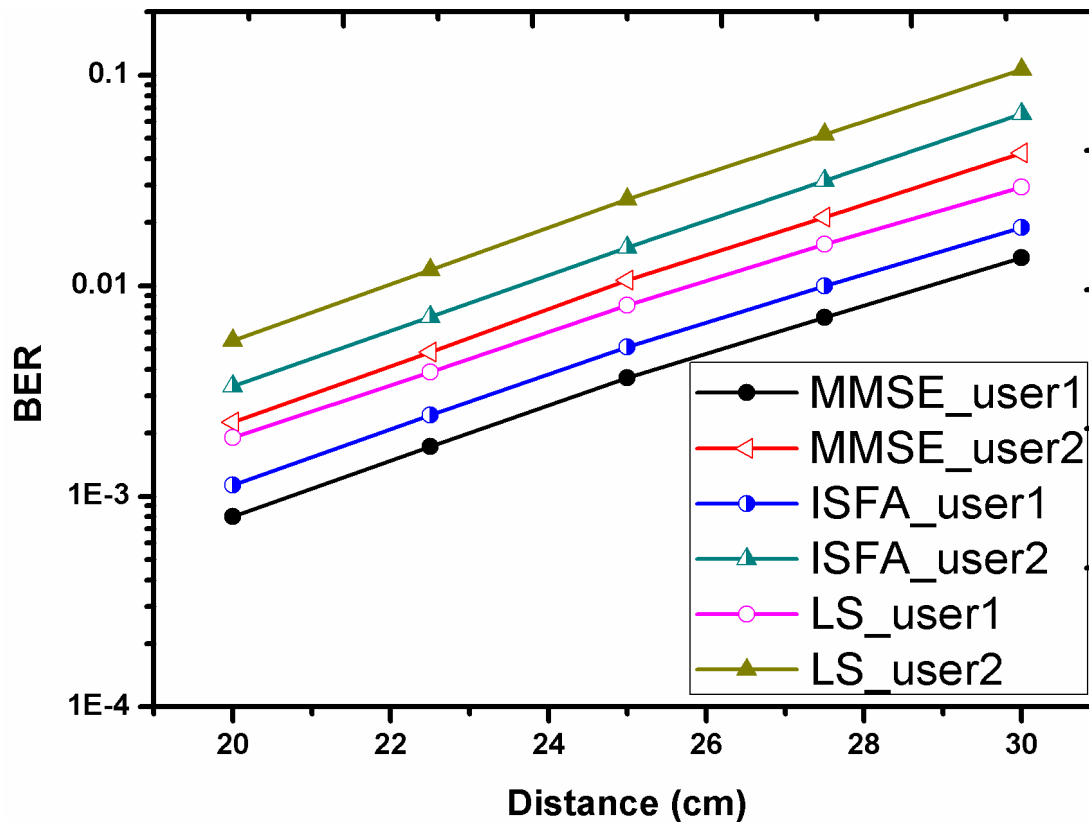


2.1 功分非正交多址可见光通信实验系统



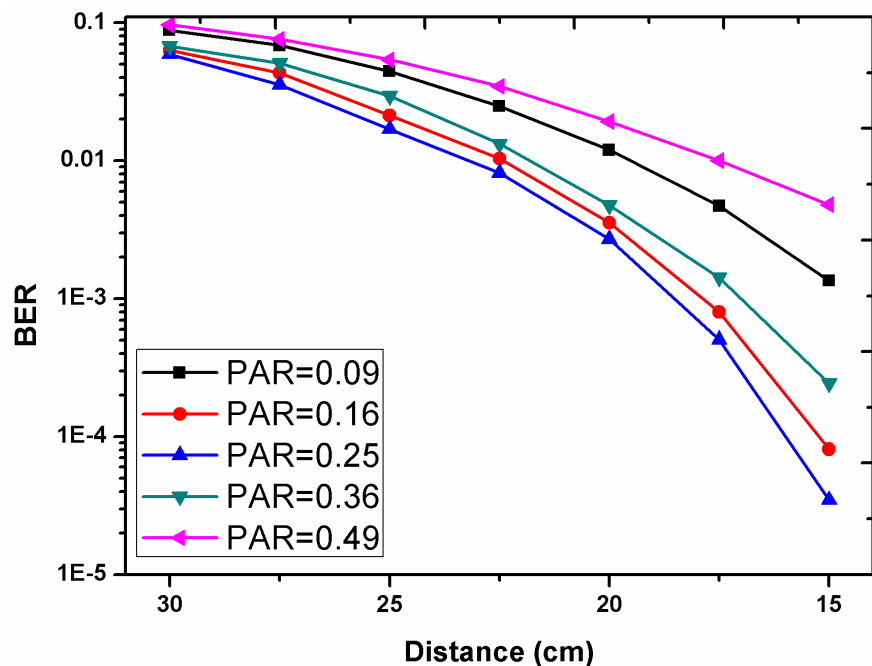
上行

2.1 功分非正交多址可见光通信实验系统

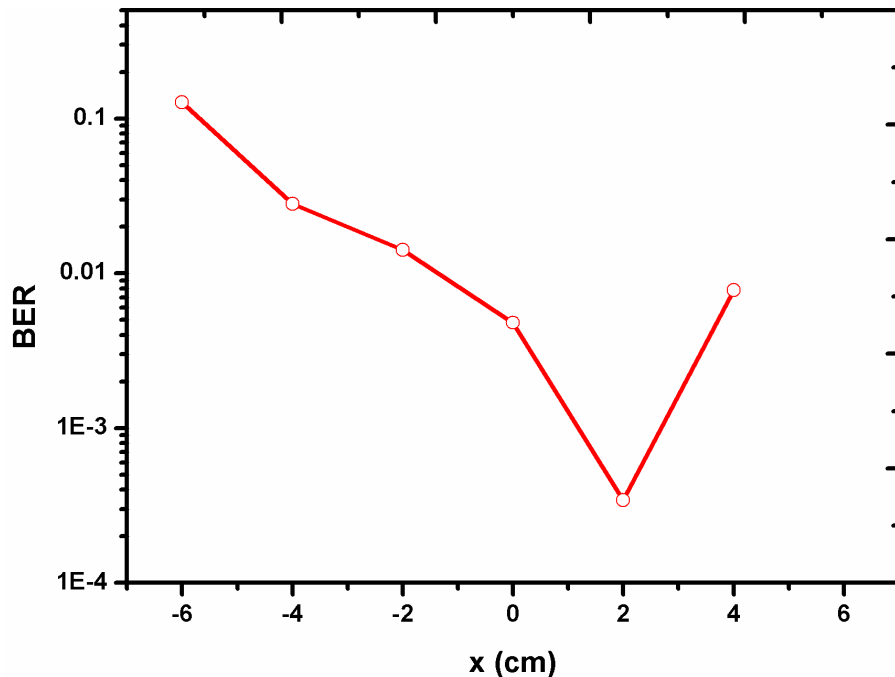


信道估计的准确性会极大程度影响传输性能

2.1 功分非正交多址可见光通信实验系统



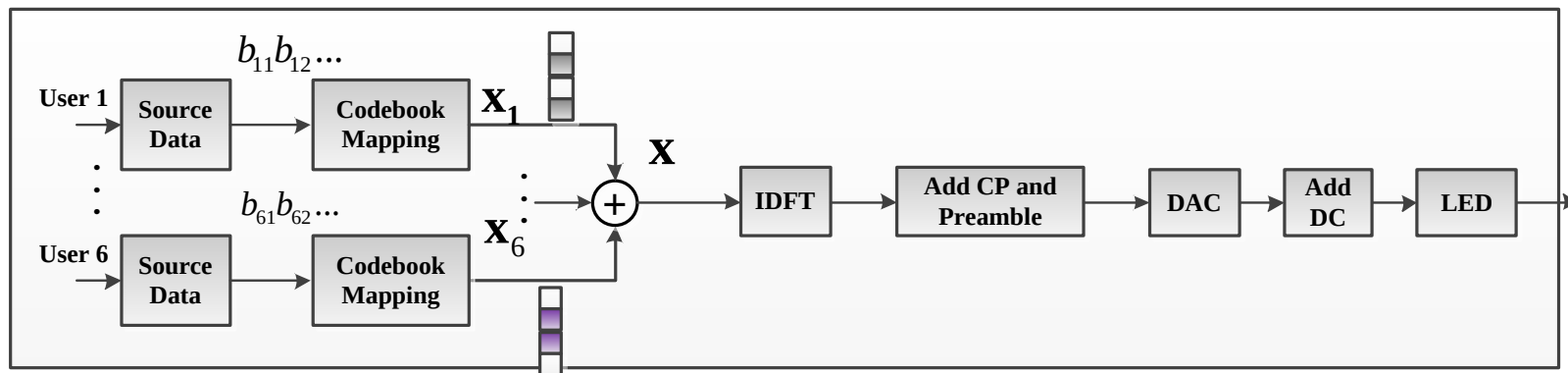
下行



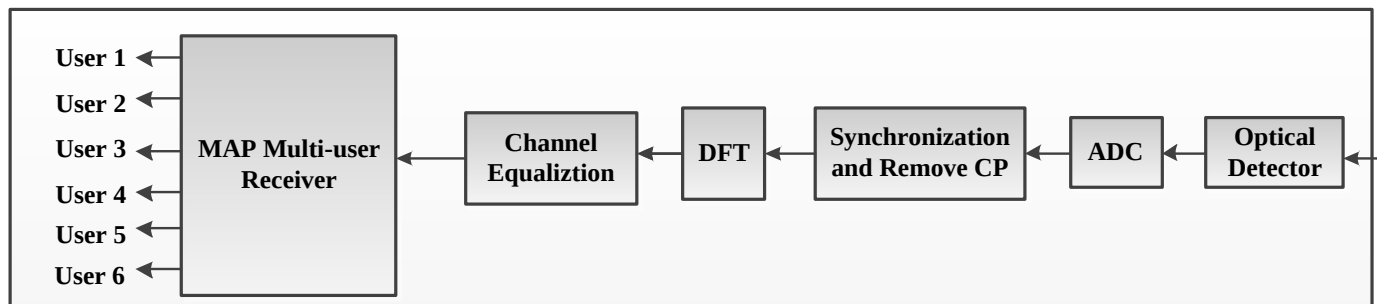
上行

功率分配系数需要根据不同的应用场景进行优化
下行：在电域进行功分，上行：在光域进行功分

2.2 SCMA可见光通信实验系统



(a)

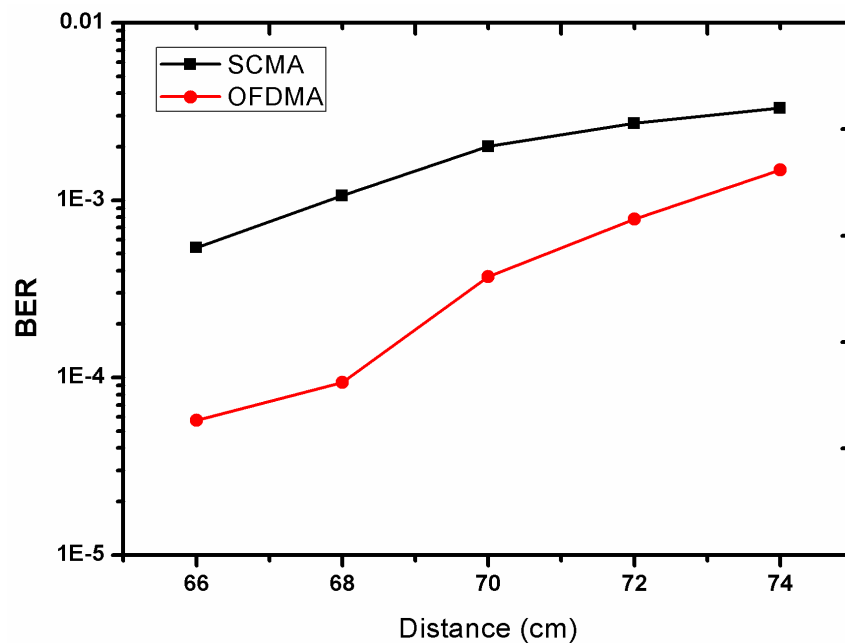
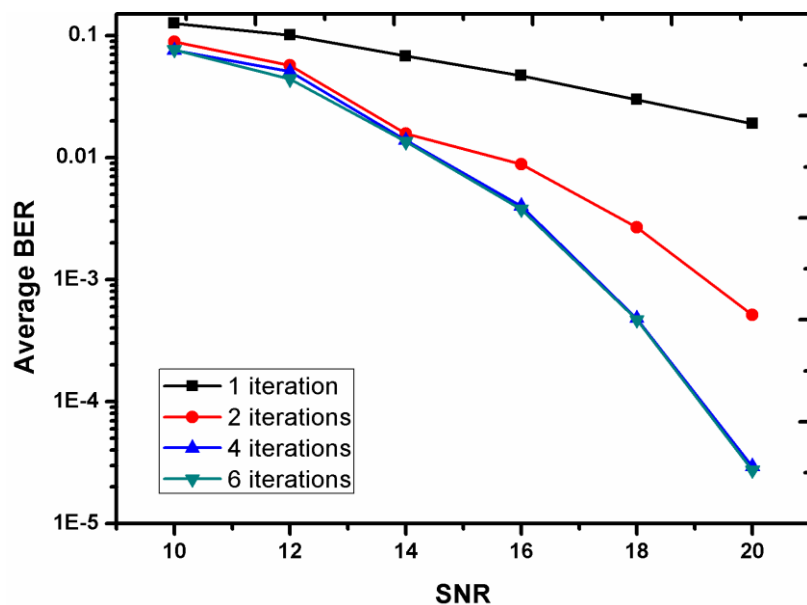


(b)

$$\hat{\mathbf{X}} = \arg \max p(\mathbf{X} | \mathbf{Y})$$

$$\mathbf{X} \in \chi_1 \times \chi_2 \times \chi_3 \times \chi_4 \times \chi_5 \times \chi_6$$

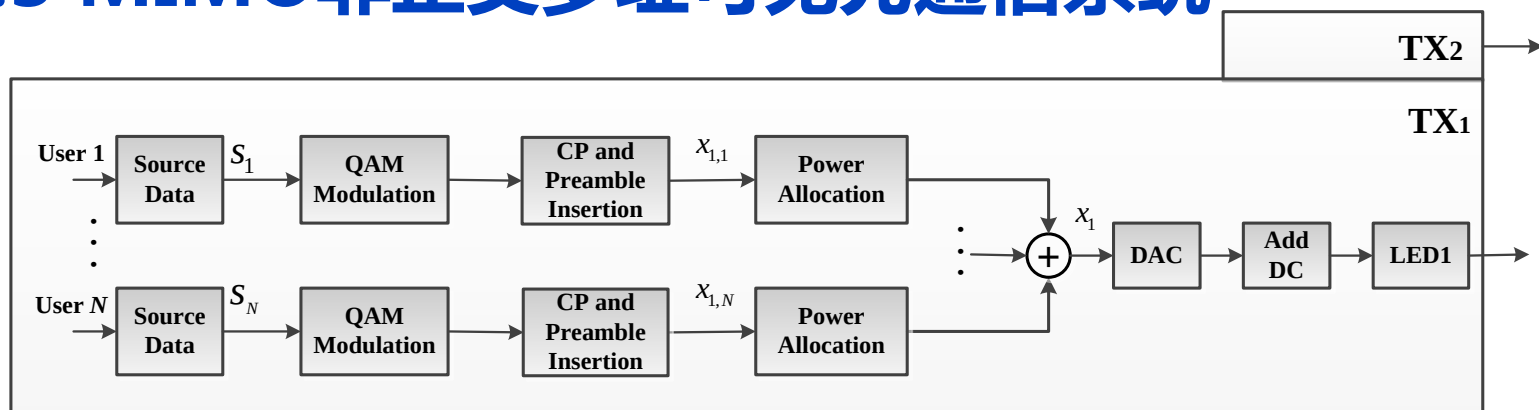
2.2 SCMA可见光通信实验系统



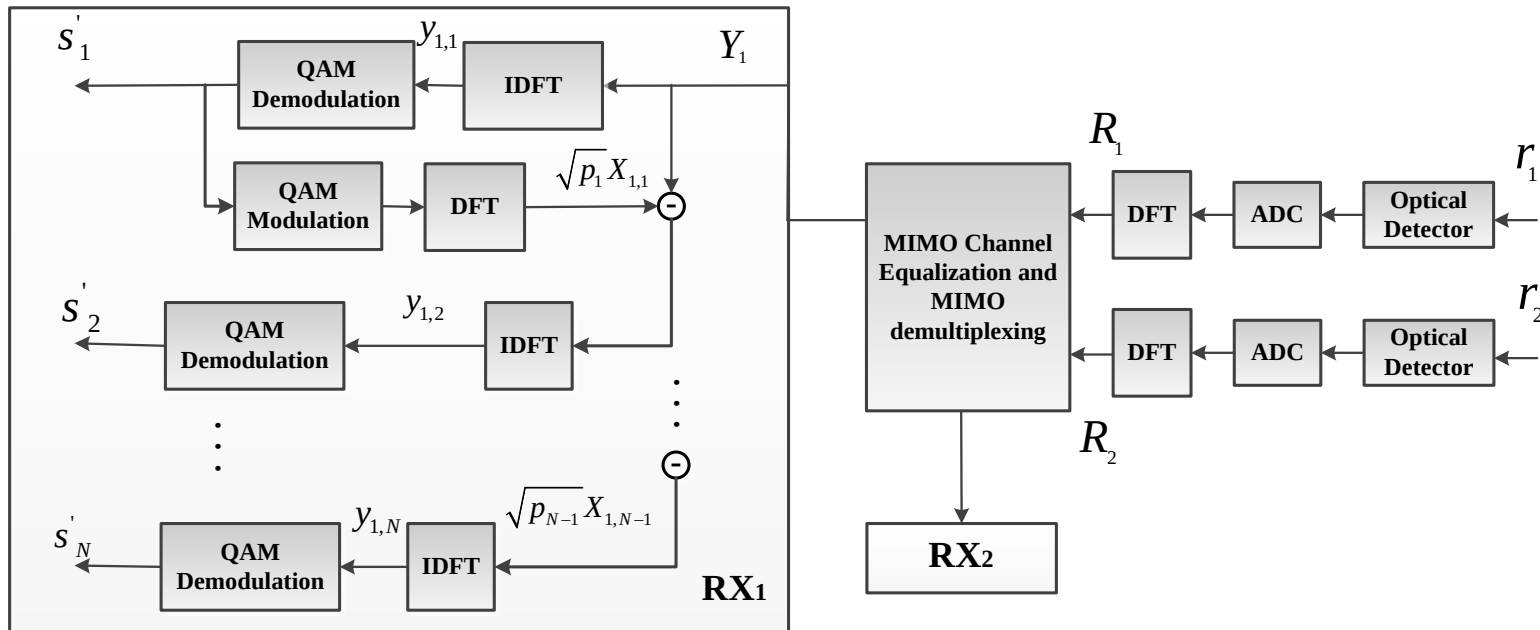
接收端的迭代消除干扰算法会增加复杂度

使用同样的带宽，SCMA提升传输容量到150%，但传输性能会降低一些

2.3 MIMO非正交多址可见光通信系统

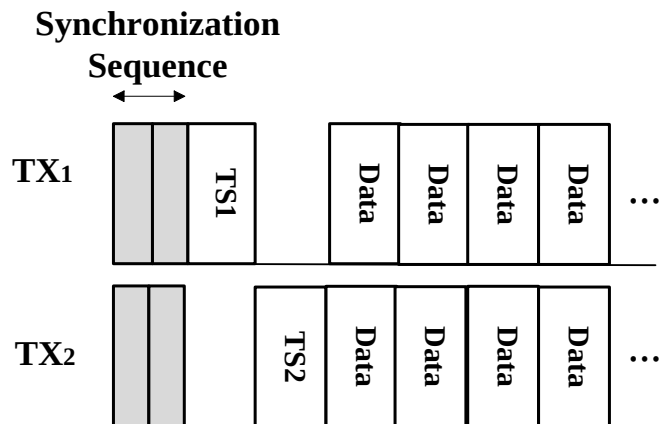


(a)

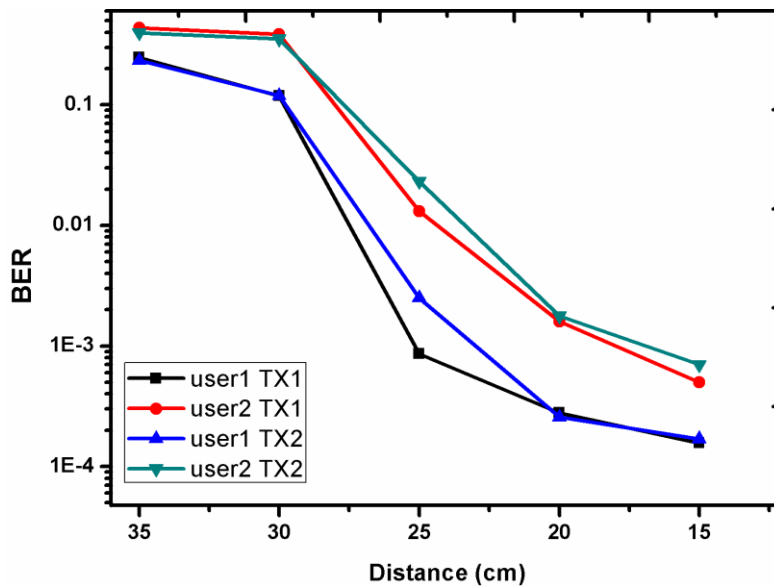
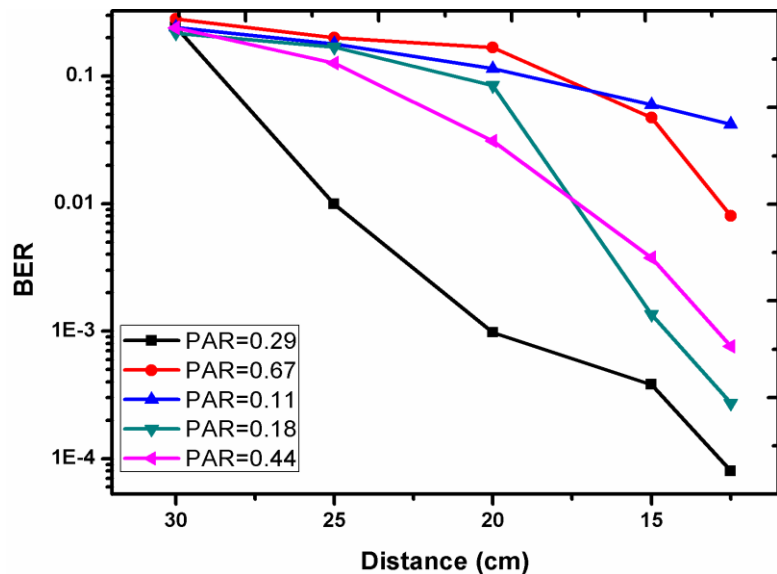


(b)

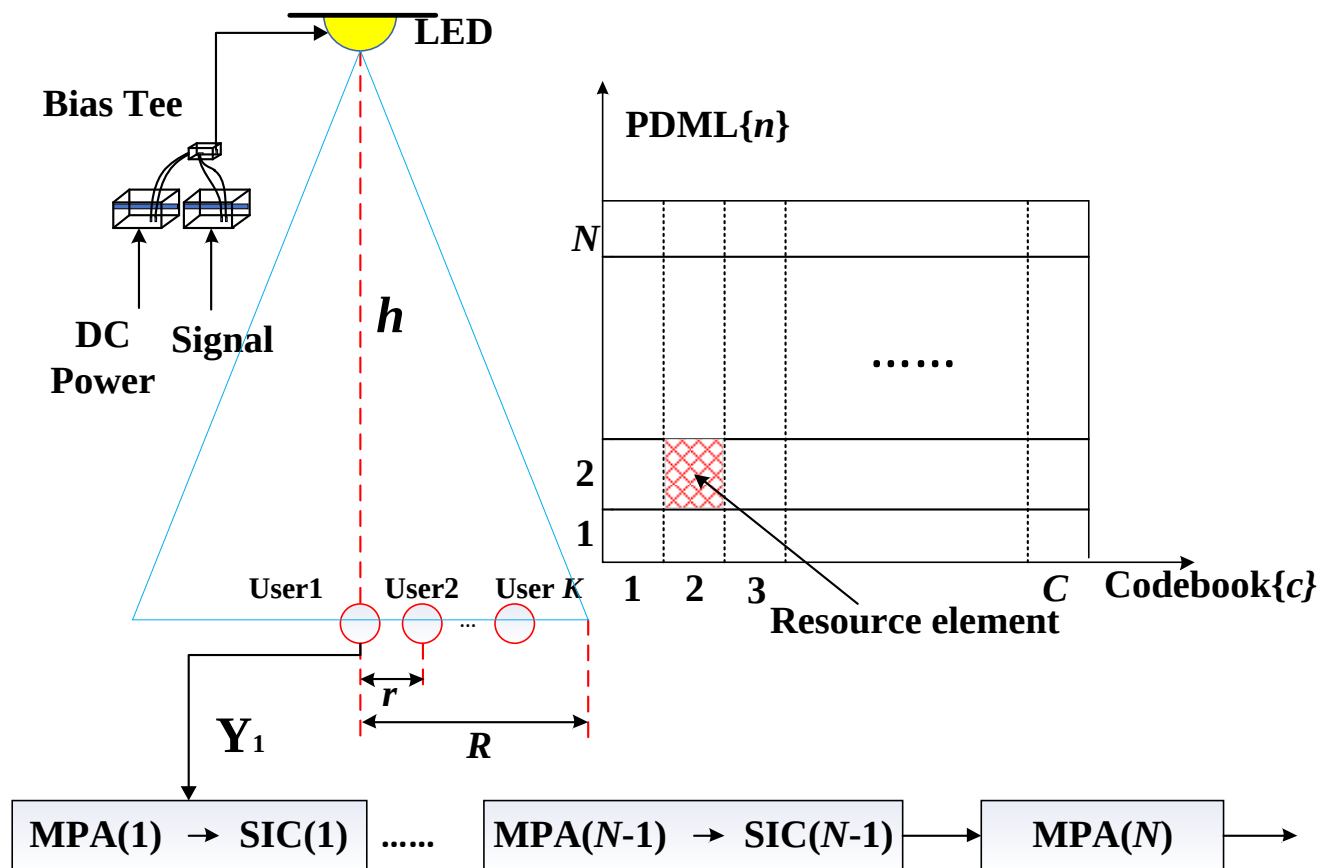
2.3 MIMO非正交多址可见光通信系统



帧结构设计、同步与MIMO信道估计与均衡，功率分配等需要优化设计

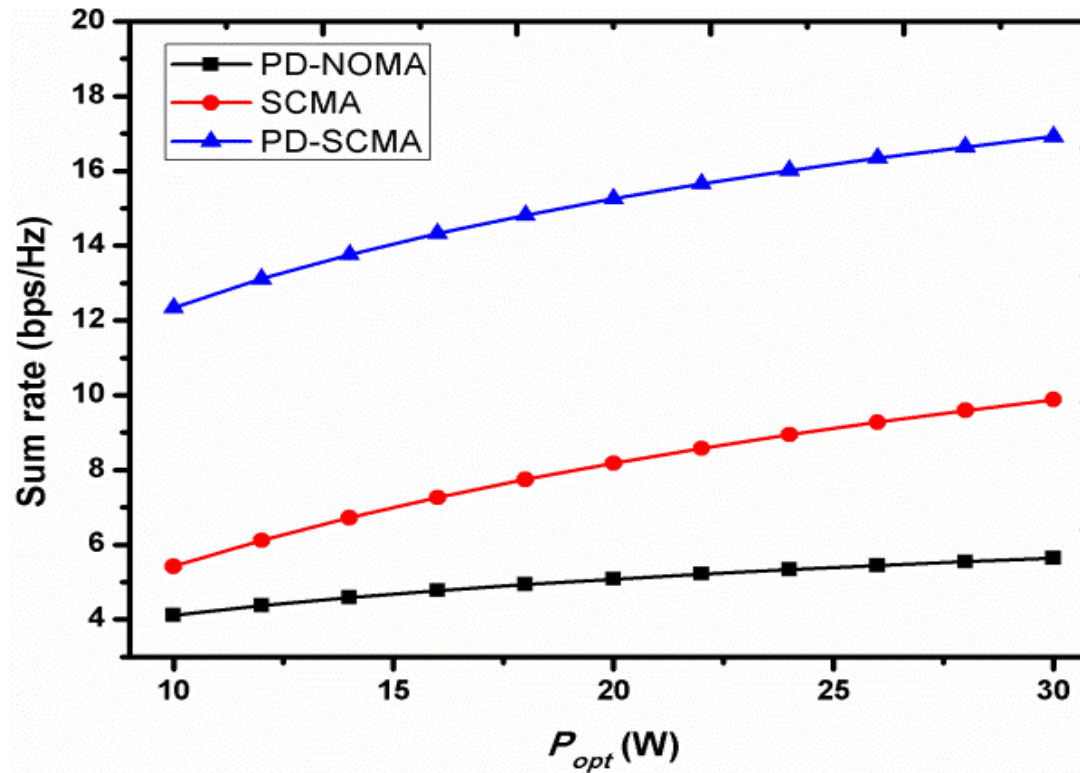


2.4 PCD-NOMA可见光通信技术



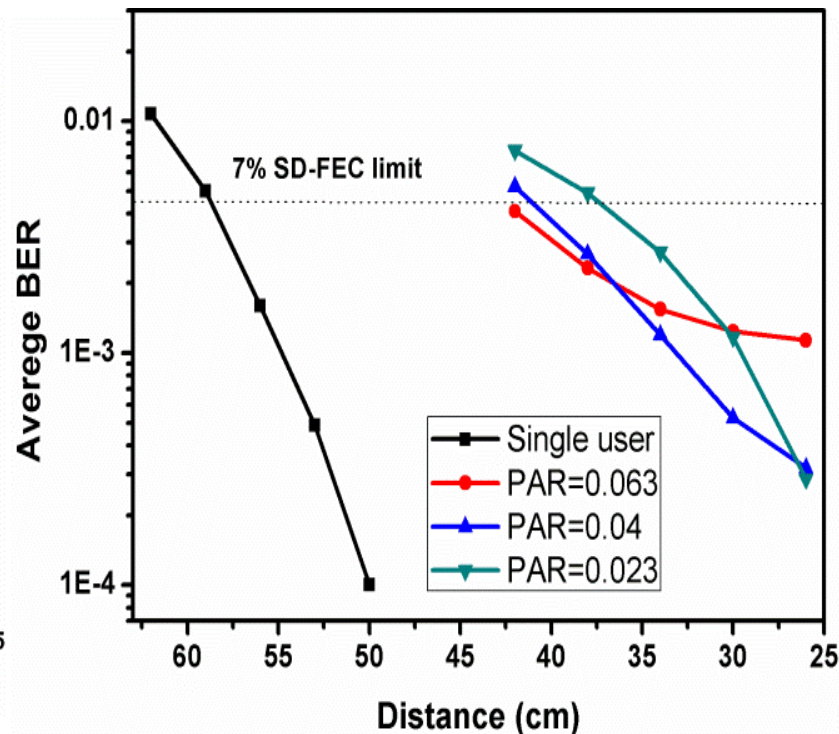
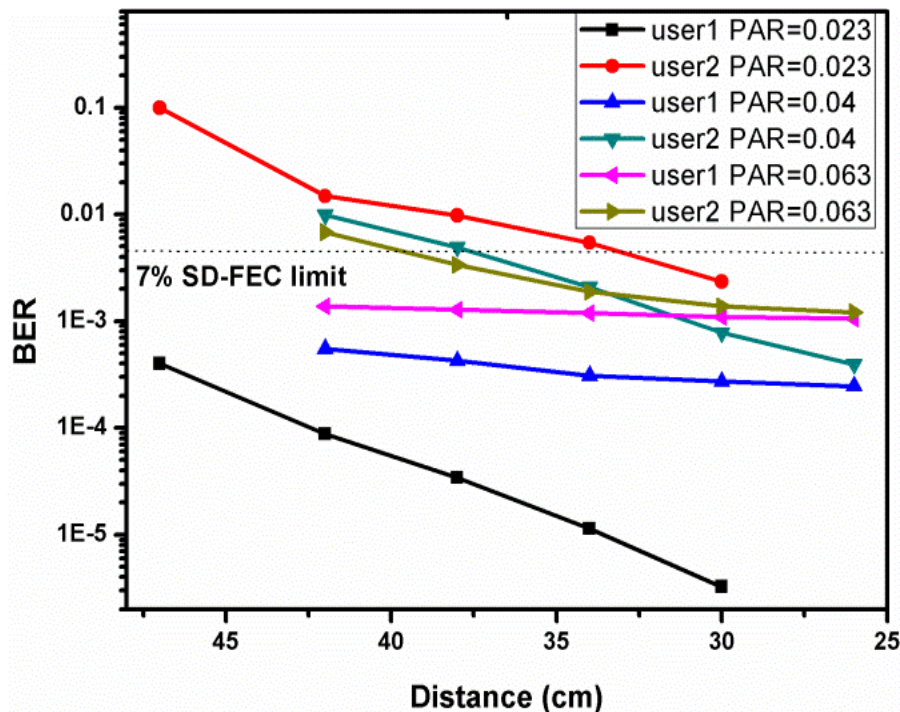
在功率域、码域进行资源分配，实现功率、码域复用
接收端采用SIC-MPA接收机解调

2.4 PCD-NOMA可见光通信技术



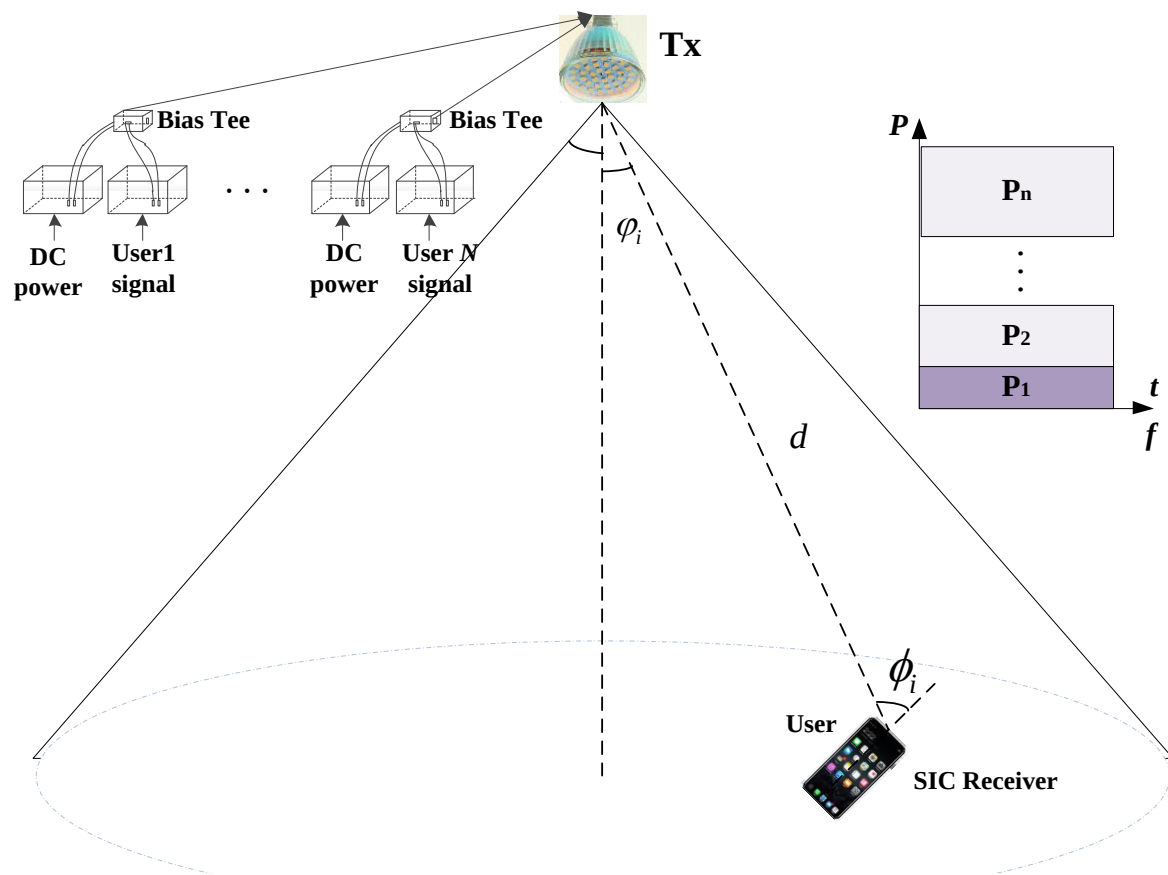
和速率有效增加

2.4 PCD-NOMA可见光通信技术



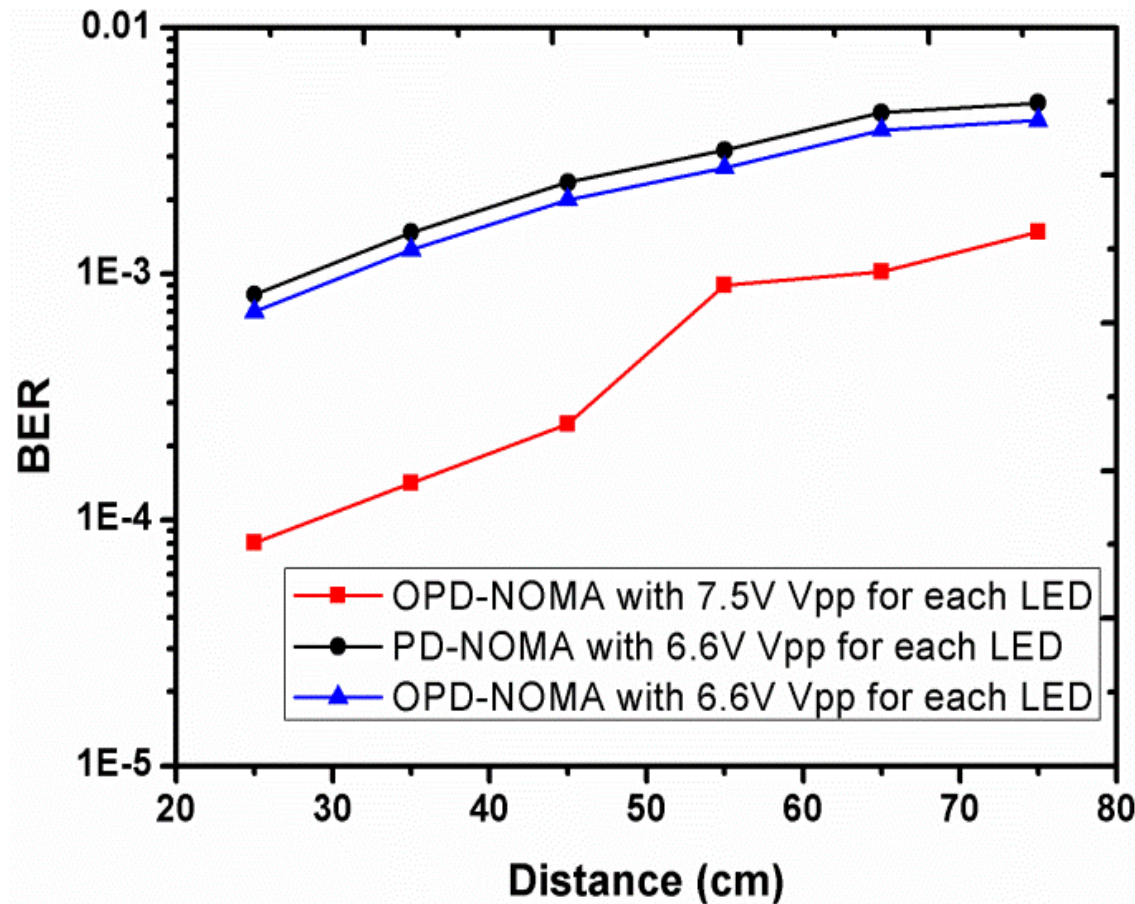
功分系数以及码本的优化设计可以进一步提升性能
接收端的干扰消除算法的优化设计可以进一步提升性能

2.5 光功率域非正交多址可见光通信技术



把不同数量的LED灯分别分配给不同的用户，在光功率域实现功分复用，可降低系统的非线性传输损伤

2.5 光功率域非正交多址可见光通信技术



OPD-NOMA可最大化利用线性动态范围，提升可见光通信系统性能，降低非线性带来的影响。

2.6 基于卷积神经网络的接收机

CNN输入输出关系：

$(N, 2)$

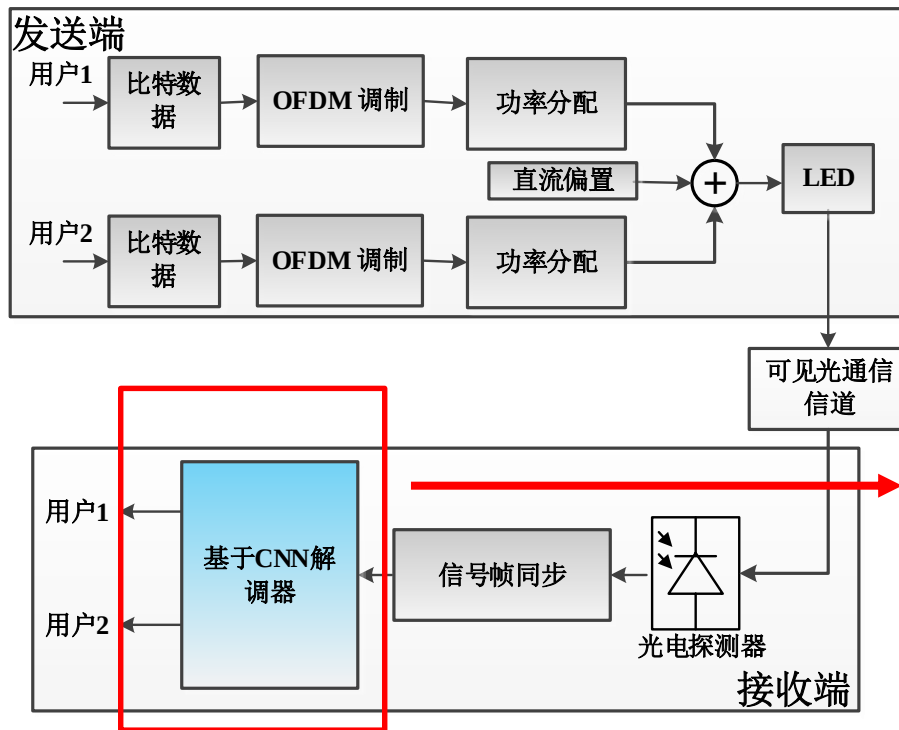


CNN

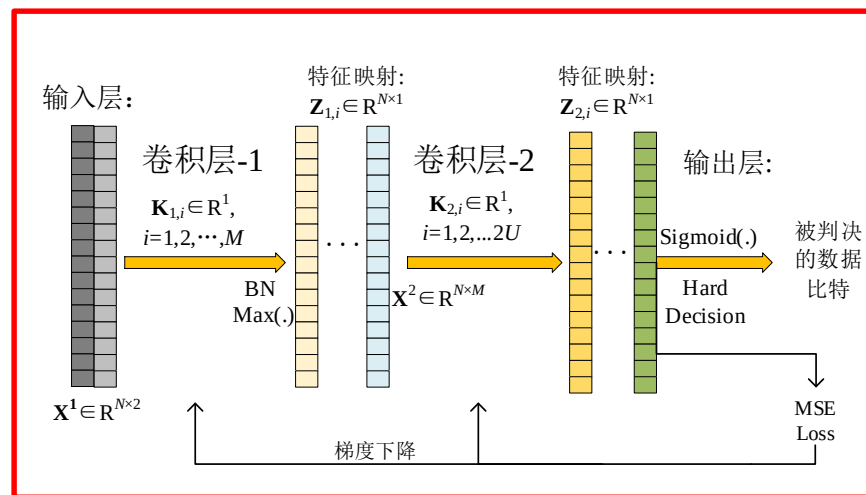


$(N, 2U)$

N 代表 N 个载波； $2U$ 代表每个载波携带的比特数。

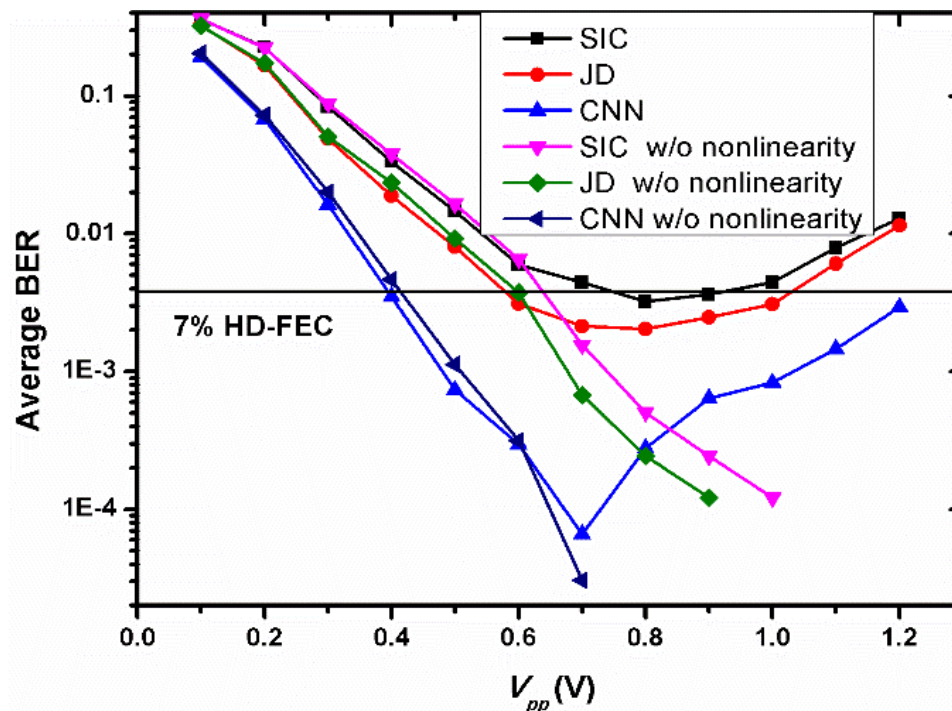


基于CNN的NOMA-VLC结构框图



CNN结构图

2.6 基于卷积神经网络的接收机



SIC、JD、CNN有/无非线性失真的误码性能对比

【注】

- SIC 串行干扰消除算法
- JD 联合检测算法
- CNN 卷积神经网络

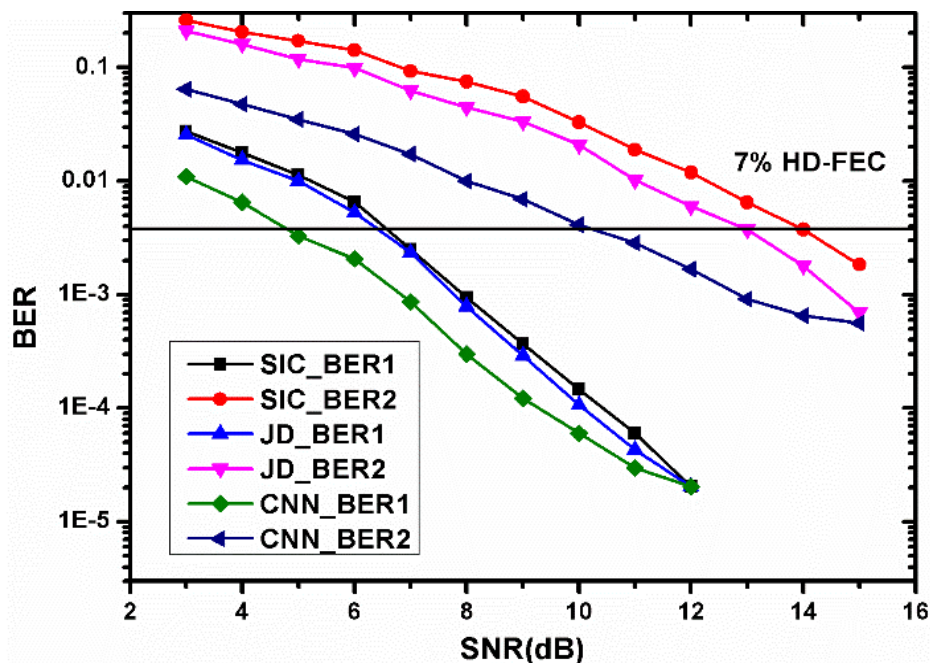
I. LED线性/非线性研究

- ✓ $V_{dc} = 2.1V$
- ✓ 功率分配值(PPAR)=0.25
- ✓ 如图5所示，CNN相比于SIC、JD能够更好的抵抗线性与非线性信号失真。

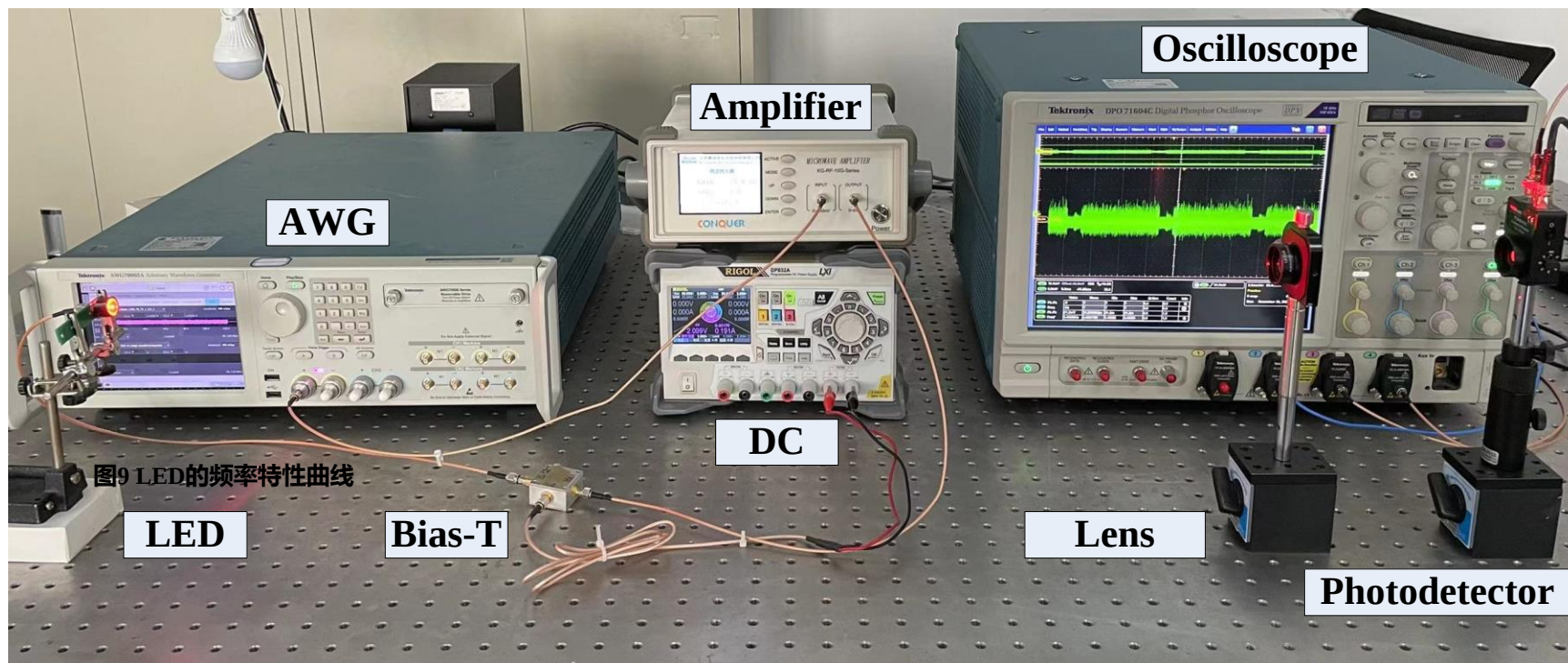
2.6 基于卷积神经网络的接收机

II. 信噪比-误码率研究

- ✓ 研究了在 $V_{dc}=2.1V, V_{pp}=0.6V$, $PPAR=0.16$ 的情况下 , SIC、JD以及CNN的误码性能对比。
- ✓ 在 $PPAR=0.16$ 条件下 , 满足前向纠错编码阈值 ($3.8e-3$) 处 , CNN的**用户1**优于SIC、JD的增益表现分别为**1.9dB**、**1.6dB**。 CNN的**用户2**优于SIC、JD的增益表现分别为**4dB**、**3dB**。

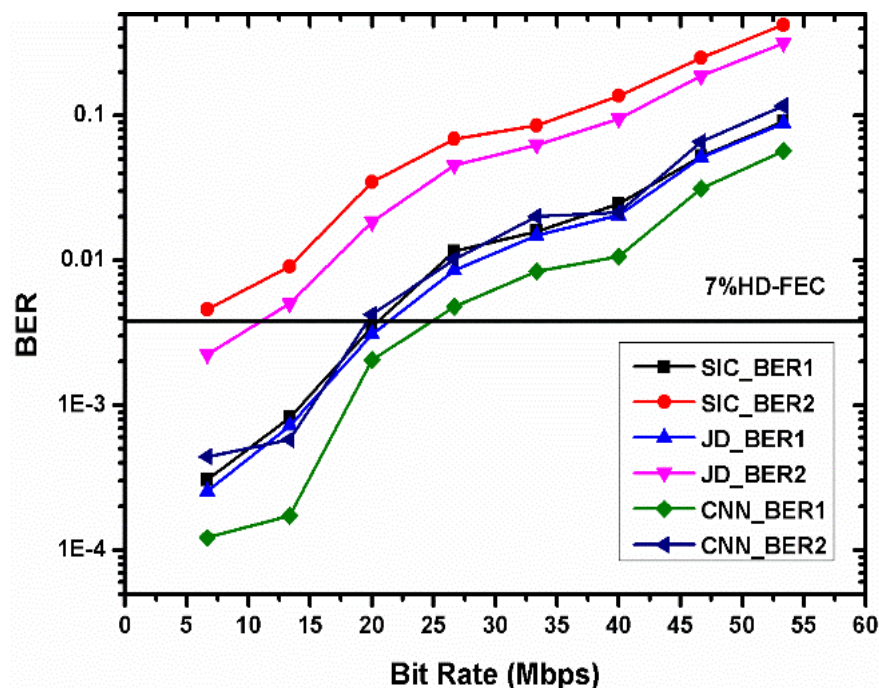
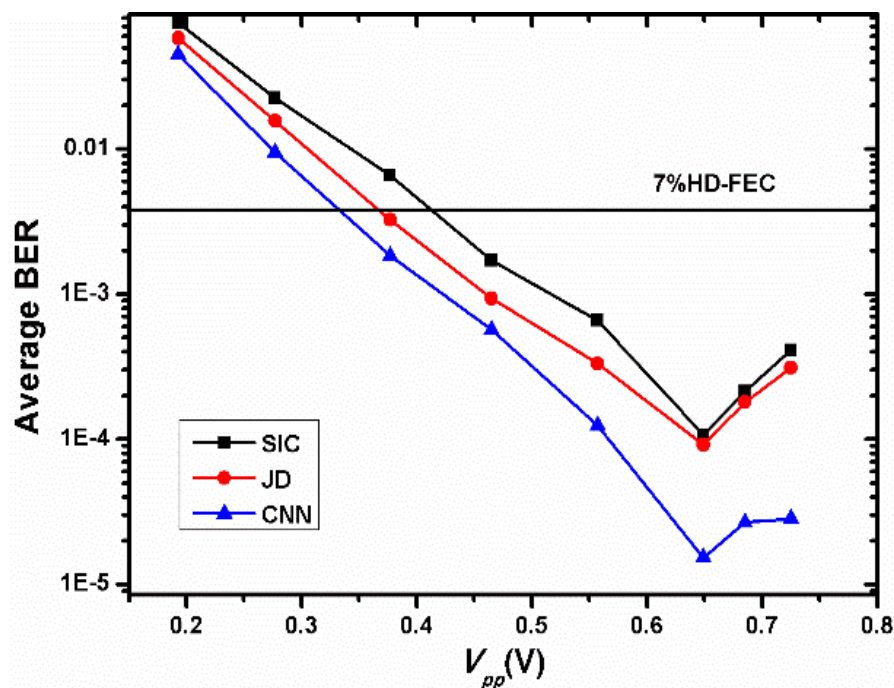


2.6 基于卷积神经网络的接收机



- 实验采用**离线解调**方式，使用MATLAB进行NOMA信号的调制与解调，Kreas作为神经网络接收机的构建。
- OFDM参数： $N_{\text{FFT}} = 64$ ， $CP=8$
- 传输距离为1.2m

2.6 基于卷积神经网络的接收机



实验结果

- CNN相较于SIC、JD的能够更有效对抗LED线性与非线性信号失真；
- CNN能够有效提高VLC系统的传输速率，缓解LED的带宽限制的问题。



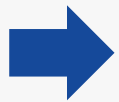
目录

1

研究背景

2

研究内容



3

总结



工作总结

- 非正交多址相比于正交多址技术可极大提升网络容量与谱效，提升用户公平性，特别适用于VLC
- MIMO，功码分复用等技术可提升NOMA的谱效与容量，已被实验验证
- 光功率NOMA可最大化利用LED阵列的线性区间，降低非线性传输损伤
- 基于机器学习的接收机可有效补偿线性与非线性传输损伤，避免SIC误差传递问题，降低接收端解调上的复杂度，提升传输性能。



非正交多址未来的研究方向

- 高效的功率分配方案
- 线性与非线性传输损伤补偿
- 低复杂度接收机设计与优化
- 更高谱效与更大容量的非正交复用方法



谢谢！
欢迎各位领导和老
师提出宝贵意见