

doi:10.13756/j.gtxyj.2024.230102.

无线通信技术

梁艳,张鹏,张鸱. 基于RSMA的无线光通信中预编码与功率分配研究[J]. 光通信研究,2024(3):230102.

Liang Y, Zhang P, Zhang K. Study on Pre-coding and Power Allocation in RSMA-based Wireless Optical Communication[J]. Study on Optical Communications, 2024(3):230102.

基于RSMA的无线光通信中预编码与功率分配研究

梁艳^{1,2}, 张鹏^{1,2}, 张鸱³

- 齐鲁工业大学(山东省科学院)山东省计算中心(国家超级计算济南中心)算力互联网与信息安全教育部重点实验室, 济南 250014;
- 山东省计算机网络重点实验室山东省基础科学研究中心(计算机科学), 济南 250014;
- 国网山东省电力公司 电力调度控制中心, 济南 250001)

摘要:【目的】针对无线光通信(OWC)系统中应用速率分拆接入(RSMA)技术的资源分配问题,提出一种基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法,以提高系统的可靠性和性能。【方法】采用变量转换和线性逼近的方法将非凸分阶函数转化为凸函数。通过联合预编码矩阵和速率分配算法,有效地分配系统资源,提高系统性能。为了求解最优解,采用连续迭代算法进行优化。【结果】仿真结果表明,文章所提出的联合优化方案显著降低了系统中断概率,并具有快速的收敛速率。这意味着所提方案能够在基于RSMA的OWC(RSMA-OWC)系统中提供更可靠和高效的通信性能。【结论】文章所提方案为OWC系统中的RSMA技术提供了有效的资源分配方法,提高了系统的可靠性和性能。进一步的研究应聚焦于RSMA-OWC系统的中断概率问题以及资源分配、预编码设计和应用扩展等方面的挑战。该研究为推动RSMA技术在OWC领域的应用和发展提供了有价值的参考。

关键词:速率分拆接入;无线光通信;资源分配;变量转换;线性逼近

中图分类号:TN929

文献标志码:A

Study on Pre-coding and Power Allocation in RSMA-based Wireless Optical Communication

LIANG Yan^{1,2}, ZHANG Peng^{1,2}, ZHANG Kun³

- Key Laboratory of Computing Power Network and Information Security, Ministry of Education, Shandong Computer Science Center (National Supercomputer Center in Jinan), Qilu University of Technology (Shandong Academy of Sciences), Jinan 250014, China;
- Shandong Provincial Key Laboratory of Computer Networks, Shandong Fundamental Research Center for Computer Science, Jinan 250014, China;
- Electric Power Control Center, State Grid Shandong Electric Power Company, Jinan 250001, China)

Abstract:【Objective】The objective of this study is to investigate the resource allocation problem in Optical Wireless Communication (OWC) systems using Rate Splitting Multiple Access (RSMA) technique. We propose a joint precoding matrix and rate allocation algorithm based on linear approximation to enhance the system reliability and performance. 【Methods】We employ variable transformation and linear approximation techniques to convert the non-convex fractional functions into convex ones. By using the joint precoding matrix and rate allocation algorithm, system resources can be effectively allocated to improve system performance. The optimization problem is solved using a continuous iterative algorithm to obtain the optimal solution. 【Results】Simulation results demonstrate that the proposed joint optimization scheme significantly reduces the system outage probability and exhibits a fast convergence rate. This indicates that the proposed method can provide more reliable and efficient communication performance in the RSMA-OWC system, which is based on rate splitting access. 【Conclusion】This study provides an effective resource allocation method for RSMA technology in OWC systems, enhancing system reliability and performance. Further research should focus on the challenge of system outage probability in RSMA-OWC systems, as well as resource allocation, precoding design, and application scalability. This study offers valuable insights to promote the application and development of RSMA technology in the field of OWC.

Key words: RSMA; OWC; resource allocation; leveraging variable transformation; linear approximation techniques

0 引言

无线光通信 (Optical Wireless Communication,

OWC)是一种备受关注的新型通信方式,因其具有高速率、大带宽、低功耗、无电磁辐射和易部署等优点而广泛应用于高速数据传输、大容量存储和高清

收稿日期:2023-07-04; 修回日期:2023-08-28; 纸质出版日期:2024-06-10

作者简介:梁艳(1985-),女,山西长治人。助理研究员,硕士,主要研究方向为无线通信与电磁兼容。

通信作者:张鸱,高级工程师。E-mail: optik_zhang@126.com

© Editorial Office of *Study on Optical Communications*. This is an open access article under the CC BY-NC-ND license.

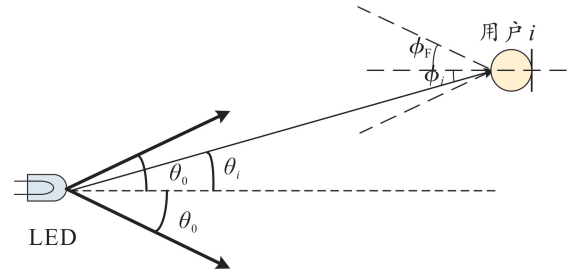
视频传输等领域^[1]。但 OWC 系统在实际应用中面临多种挑战,例如光源器件的可调制带宽有限、安全性以及接入效率等问题^[2],因此需要采用一些新技术来提高通信质量和可靠性,其中,速率分拆接入(Rate Splitting Multiple Access, RSMA)技术作为一种新兴且高效的多址接入方案,被认为是未来 OWC 系统的重要支撑技术之一。

在 RSMA 方案中,所有用户的公共部分被联合编码成一个公共流,由接收方的所有用户解码,而私人部分则被单独编码成多个流,只由相应的用户解码^[3]。现有的研究大多集中在射频通信方面^[4-8]。在基于 RSMA 设计的射频通信中,RSMA 解决了多种传输模式下的应用扩展问题^[3,9-10]。Park J^[11]和 Mao Y^[12]等人进一步讨论了 RSMA 系统资源分配的问题,并提出了一种基于功率迭代的优化算法,实现了频谱效率的最大化。但是由于信道模型和系统元器件的工作特性,上述射频通信的研究无法直接应用于 OWC。基于 RSMA 技术的 OWC(RSMA-OWC)研究仍处于初期阶段。Naser S^[13-14]和 Tao S^[15]等人讨论了 RSMA 在 OWC 系统中的可行性和应用前景,并从频谱利用率方面与现有的非正交多址接入(Non-Orthogonal Multiple Access, NOMA)和空分多址接入(Space Division Multiple Access, SDMA)技术进行了比较研究。另外,RSMA-OWC 的系统设计仍然存在众多挑战和难点,尤其是在资源分配、预编码设计和应用扩展方面的研究尚较少。

RSMA-OWC 系统的功率分配和预编码设计是影响公共和私有数据流性能的重要因素。本文针对 RSMA-OWC 通信系统建立了基于 Lambertian 辐射函数的多输入广播信道模型,将预编码和功率分配问题建模为一个以平均中断概率最小化为目标的非凸分阶问题,并提出了一种基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法。在不同仿真场景下对所提方案进行了评估。结果表明,相比于现有的基于均匀分布和等比例增益的功率分配方案,本文所提的联合优化方案在优化系统平均中断概率性能方面表现优异,在相同的功率和用户规模下,随着用户位置的变化,本文所提算法的收敛速率变化差值不超过 1 次迭代,保持了一定的稳定性。

1 系统模型

无线光通道如图 1 所示。



注: θ_i 为光发射机与接收机之间的倾斜角; θ_0 和 Φ_i 分别为用户*i*与发射机之间的照射角和入射角; Φ_r 为接收机的视场角。

图 1 无线光信道

Figure 1 The scheme of optical wireless channel

本文主要考虑基于可视距链路的 RSMA-WOC 网络,这里我们采用发光二极管(Light Emitting Diode, LED)作为光源,根据朗伯辐射,从用户*i*到光发射机之间的信道增益 h_i 可以由下式求得:

$$h_i = \frac{1}{2\pi} \frac{(m+1)A_d F_g \Re}{l_i^2} \cos^m(\theta_i) \cos(\phi_i) g(\phi_i), \quad (1)$$

式中: A_d 为光探测器的孔径面积; F_g 为光学滤光片增益常数; \Re 为光探测器的响应度; l_i 为用户*i*与 LED 发射机之间的欧氏距离; m 和 $g(\cdot)$ 分别为朗伯光源阶数和光学集中器的增益。

考虑在一个独立小区内的下行 RSMA-WOC 通信场景如图 2 所示。设定信息 U_i 为第*i*个用户的发射信息。 U_i 将通过信息分离器被分割为公有信息 $U_{i,c}$ 和私有信息 $U_{i,p}$,公有信息 $U_{i,c}$ 与其他公有信息经过信息组合被编码为一个公共流 s_c ,私有信息 $U_{i,p}$ 通过编码器被独立编码为私有流 $s_{i,p}$ 。所有的发射信号流 $\mathbf{s}=[s_c, s_{1,p}, \dots, s_{K,p}]$ 通过线性预编码矩阵 $\mathbf{M}=[\mathbf{m}_c, \mathbf{m}_1, \dots, \mathbf{m}_K]$,其中 $\mathbf{m}_j=[m_{1,j}, m_{2,j}, \dots, m_{K,j}]$ 表示第*j*个信息流的实值与编码向量。可以得到 LED 的发射信号为

$$\mathbf{x} = \mathbf{M}\mathbf{s} + \mathbf{I}_{dc}, \quad (2)$$

式中, $\mathbf{I}_{dc}=(I_{dc})_{K \times 1}$ 表示直流偏置的向量矩阵。

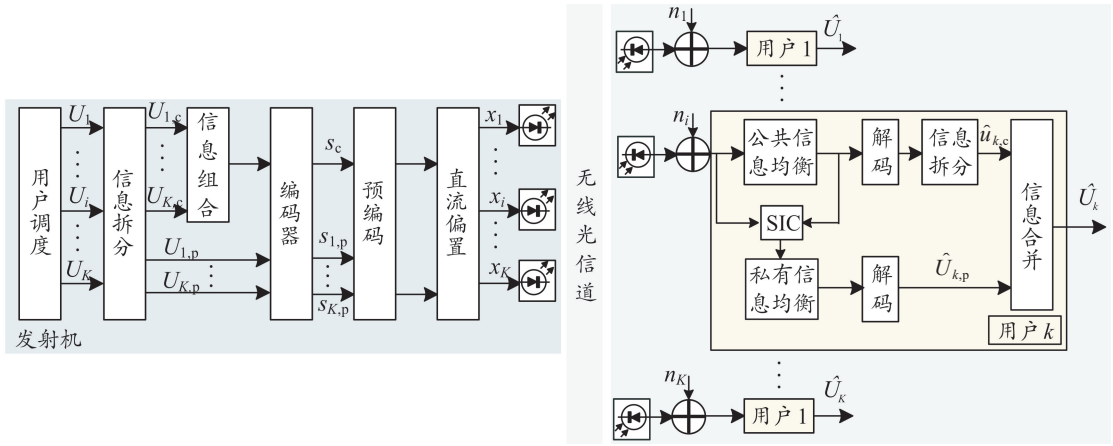
通过电信号驱动 LED 发射与 \mathbf{x} 幅值为成正比的光信号。用户*i*接收到的信号可以表示为

$$y_i = \mathbf{h}_i^T \mathbf{x} + n_i, \quad (3)$$

式中: \mathbf{h}_i 为 LED 发射器与用户*i*之间的信道增益向量; n_i 为用户*i*处的噪声。

我们采用反复的 SIC 方式对信号进行解码重构,可以得到用户*i*的公共信息流和私有信息流的接收信噪比分别为

$$\gamma_{i,c} = \frac{|\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_c|^2}{\sum_{i=1}^K |\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_i|^2 + \sigma_i^2}, \quad (4)$$



注: SIC为串行干扰消除。

图 2 RSMA-OWC 系统模型

Figure 2 System model of RSMA-OWC

$$\gamma_{i,p} = \frac{|\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_i|^2}{\sum_{j=1, j \neq i}^K |\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_j|^2 + \sigma_i^2}, \quad (5)$$

式中, σ_i^2 为用户 i 处噪声 n_i 的方差。用户 i 的公有数据流的可达速率 v_i 需要满足以下约束条件:

$$\sum_{i=1}^K v_i = R_c \leq \min\{R_{1,c}, R_{2,c}, \dots, R_{K,c}\}, \quad (6)$$

式中: R_c 为公共流 s_c 的实际传输速率; $R_{i,c}$ 为第 i 个用户被分配到 R_c 的一部分 c_i , 可以通过截断高斯分布近似得到:

$$R_{i,c} = B \log_2 [1 + 2\gamma_{i,c}/\pi e], \quad (7)$$

式中: B 为系统带宽。

当接收用户的接收信噪比小于信噪比阈值 γ_{th} 时, 认定此时发射机与接收用户之间的链路为中断状态, 因此, 可以得到用户 i 的中断概率为

$$\psi_i = \Pr(\gamma_i < \gamma_{th}) = 1 - Q\left(\ln \left[\gamma_{th} \frac{(\sum_{i=1}^K |\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_i|^2 + \sigma_k^2)(\sum_{j=1, j \neq i}^K |\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_j|^2 + \sigma_k^2)}{|\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_c|^2 |\mathbf{h}_k^T \mathbf{m}_i|^2} \right]\right), \quad (8)$$

式中, $Q(\cdot)$ 为 Q 函数, 其定义为 $Q(x) = (1/\sqrt{2\pi}) \int_x^\infty \exp(-z^2/2) dz$ 。为了后续计算方便, 我们引入 Θ 函数, 令 $\Theta(\gamma_i) = \Psi_i$ 。

2 联合预编码矩阵和速率分配矩阵的算法设计

本小节从系统公平性的角度考虑, 提出 RSMA-OWC 系统的联合预编码矩阵和速率分配矩阵的优化模型, 可表示如下:

$$\min_{\{M, V\}} \psi_{ave} = \frac{1}{K} \sum_{i=1}^K \psi_i, \quad (9-a)$$

$$\text{s.t.} \quad \sum_{i=1}^K v_i \leq \min\{R_{1,c}, R_{2,c}, \dots, R_{K,c}\}, \quad (9-b)$$

$$m_{i,c} + \sum_{j=1}^K m_{i,j} \leq \min\{I_{dc} - I_{lb}, I_{ub} - I_{dc}\}, \quad \forall i = 1, 2, \dots, K, \quad (9-c)$$

$$v_i \geq B \log_2 \left(\frac{\gamma_{th}}{\gamma_{i,p}} \right), \quad \forall i = 1, 2, \dots, K, \quad (9-d)$$

$$v_i \geq 0, \quad \forall i = 1, 2, \dots, K, \quad (9-e)$$

式中: I_{lb} 为 LED 可支持的最小输入电流; I_{ub} 为 LED 可支持的最大输入电流; $\mathbf{V} = \{v_1, v_2, \dots, v_K\}$ 为速率分配矩阵, 可以看出, 目标函数和约束条件均为非凸。为了解决这种非凸问题, 本文提出通过合适的凸逼近将原问题重构为一个典型的凸优化问题。引入 3 个标量变量: κ 、 ϖ 和 τ 分别表示平均中断概率、和速率和系统总能耗。式(9-a)中的目标函数可等效为

$$\min_{\{M, V, \kappa, \varpi, \tau\}} \kappa, \quad (10-a)$$

$$\text{s.t.} \quad \log_2 \left[\prod_{i=1}^K \left(1 + \frac{2\gamma_i}{\pi e} \right) \right] + \sum_{i=1}^K v_i \geq \varpi, \quad (10-b)$$

$$\sum_{i=1}^K \Theta(\gamma_i) \leq \kappa, \quad (10-c)$$

$$\lambda \text{tr}(\mathbf{M}\mathbf{M}^T) + P_{dc} \leq \tau, \quad (10-d)$$

式中: λ 为功率放大系数; $\text{tr}(\cdot)$ 表示矩阵的迹; P_{dc} 为直流偏置的总消耗功率。式(10-b)中左侧的第 1 项表示用户 i 的私有信息流被解码后的可达数据的积分, 可以简化表示为 $\sum_{i=1}^K R_{i,p}$, 根据二次变换的分式规划, 并引入关于 $R_{i,c}$ 和 $R_{i,p}$ 的松弛变量 $a_{i,c}$ 和 $a_{i,p}$, 式(10)可以等价于

$$R_{i,c} \geq a_{i,c}, \quad (11-a)$$

$$\sum_{i=1}^K v_i \leq a_{i,c}, \quad (11-b)$$

$$\sum_{i=1}^K (v_i + a_{i,p}) \geq \varpi, \quad (11-c)$$

$$2^{v_i + a_{i,p}} \geq \gamma_{th} \quad (11-d)$$

此时的问题函数依然是非凸的, 我们进一步引

入关于 $a_{i,c}$ 和 $a_{i,p}$ 的渐进变量 $b_{i,c}, g_{i,c}$ 和 $b_{i,p}, g_{i,p}$, 与 $R_{i,c}$ 和 $R_{i,p}$ 相关的约束可以等价于

$$b_{i,c} \geq 2^{a_{i,c}/B}, \quad (12-a)$$

$$g_{i,c} \geq \sum_{j=1}^K |h_j^T m_j|^2 + \sigma_i^2, \quad (12-b)$$

$$\frac{|h_i^T m_c|^2}{g_{i,c}} \geq b_{i,c} - 1, \quad (12-c)$$

$$b_{i,p} \geq 2^{a_{i,p}/B}, \quad (12-d)$$

$$g_{i,p} \geq \sum_{j=1, j \neq i}^K |h_j^T m_j|^2 + \sigma_i^2, \quad (12-e)$$

$$\frac{|h_i^T m_i|^2}{g_{i,p}} \geq b_{i,p} - 1. \quad (12-f)$$

根据迭代渐进法,式(12-c)的左侧可以近似为

$$\frac{|h_i^T m_c|^2}{g_{i,c}} \approx \frac{2(m_c^{(t)})^T h_i h_i^T m_c}{g_{i,c}^{(t)}} - g_{i,c} \left(\frac{h_i^T m_c^{(t)}}{g_{i,c}^{(t)}} \right)^2, \quad (13)$$

式中, t 为第 t 次迭代。同理,可以得到式(12-f)左侧的近似逼近形式。

令 $A_c = (a_{1,c}, a_{2,c}, \dots, a_{K,c}), A_p = (a_{1,p}, a_{2,p}, \dots, a_{K,p}), B_c = (b_{1,c}, b_{2,c}, \dots, b_{K,c}), B_p = (b_{1,p}, b_{2,p}, \dots, b_{K,p}), G_c = (g_{1,c}, g_{2,c}, \dots, g_{K,c}), G_p = (g_{1,p}, g_{2,p}, \dots, g_{K,p})$, 此时的问题模型可以表述如下:

$$\min_{\{M, C, \kappa, \omega, \tau, A_c, A_p, B_c, B_p, G_c, G_p\}} \kappa, \quad (14-a)$$

$$\text{s.t.} \quad \frac{2(m_c^{(t)})^T h_i h_i^T m_c}{g_{i,c}^{(t)}} - g_{i,c} \left(\frac{h_i^T m_c^{(t)}}{g_{i,c}^{(t)}} \right)^2 \geq b_{i,c} - 1, \quad (14-b)$$

$$\frac{2(m_i^{(t)})^T h_i h_i^T m_i}{g_{i,p}^{(t)}} - g_{i,p} \left(\frac{h_i^T m_i^{(t)}}{g_{i,p}^{(t)}} \right)^2 \geq b_{i,p} - 1. \quad (14-c)$$

可以看出,重构后的问题为凸问题,经过迭代逼近的方法可以得到近似最优解。基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法的伪代码如算法1所示:

算法1 基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法

初始化:总发射功率 P_T , 算法精度 \exists , 初始迭代 $t=0, v_i^{(0)} = R_c/K, \forall i$ 。

1 根据式(9-c)生成预编码矩阵 $M^{(0)}$
2 根据式(11-b)、(11-c)、(12-b)和(12-e)计算松弛变量矩阵 $G_c^{(0)}, G_p^{(0)}$

3 根据式(8)、(10-b)和(10-c)计算优化目标 $\kappa^{(0)}$;

4 While $\|\kappa^{(t)} - \kappa^{(t-1)}\| > \exists$ do

5 $t=t+1$;

6 将 $M^{(t-1)}, G_c^{(t-1)}$ 和 $G_p^{(t-1)}$ 作为式(14-a)~(14-c)优化问题的输入,进入下一次迭代

7 求解式(14-a)~(14-c)

8 根据问题解更新 $\kappa^{(t)}, M^{(t)}, G_c^{(t)}, G_p^{(t)}$

9 end While

10 / Return 预编码矩阵 $M^{(t)}$ 和速率分配矩阵 $V^{(t)}$ 。

3 仿真分析

本节将通过仿真对所提出的基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法性能进行分析。随机生成两个 2×2 和 3×3 的仿真场景如图3所示,图中,蓝色空圈为LED的位置,红色空圈为接收用户的位置,LED到接收机的垂直高度设定为3m。主要用到的仿真参数如表1所示。

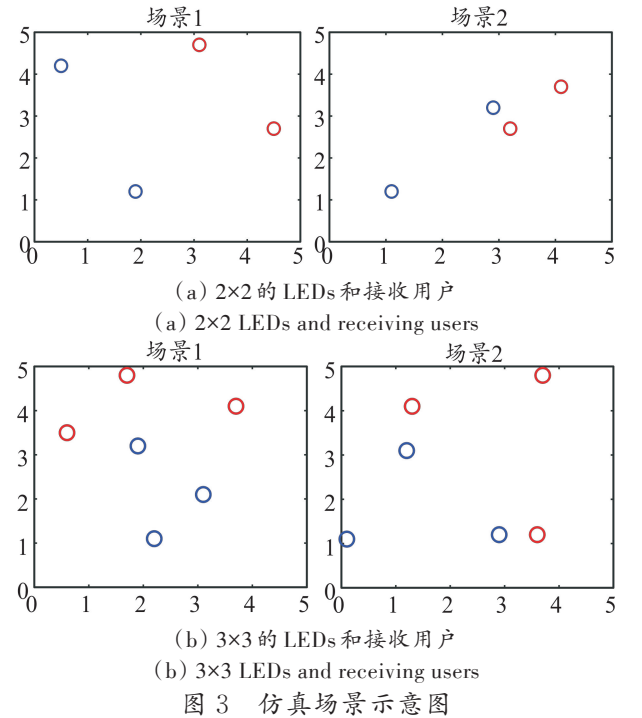


Figure 3 Schematic diagram of the simulation scenario

表1 仿真参数

Table 1 Simulation parameters

参数	值	参数	值
$\varphi_r / ^\circ$	60	$\Re/A/W$	0.4
A_d/cm^2	1	R_i	1.5
I_b/mA	100	B/MHz	50
I_{dc}/mA	500	I_{th}/mA	1 000
γ_{th}/dB	10	$\sigma_i^2/\text{A/Hz}$	10^{-7}

图4所示为在 2×2 发射和接收用户的 OWC 场景下,随总发射功率变化的 RSMA、NOMA 和 SDMA 方案的平均中断概率对比图。可以看出,RSMA 在两种位置场景下的平均中断概率总能获得最优性能。与 NOMA 和 SDMA 相比,随着发射功率

的提高,基于 RSMA 的 OWC 系统可以得到更高的平均中断概率性能增益。

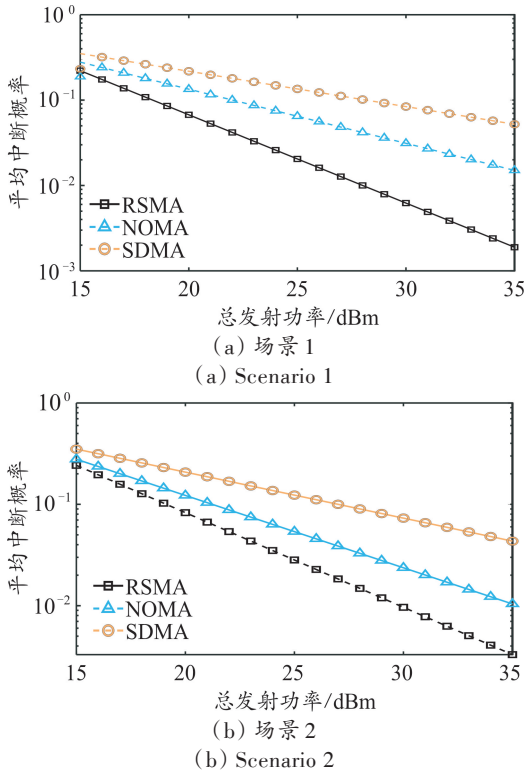


图 4 3 种接入方案在 2x2 的 OWC 系统中的平均中断概率

Figure 4 Average outage probability for the three access scenarios in the 2x2 OWC system

我们测试了在 3x3 发射和接收用户的 OWC 场景下 RSMA 与 NOMA、SDMA 的系统性能对比,仿真结果如图 5 所示。可以看出,在不同的位置场景下,RSMA 对 OWC 系统性能均能实现稳定的优化。这是因为随着发射 LED 和接收用户数量的提高,RSMA 可以通过预编码可行域的设计自由选择信道和功率发射,对 OWC 系统进行更好地优化。

为了评估本文所提出的联合优化算法,我们选取了两种基准方案作为对比方案:(1) 基于均匀分布的功率分配方案^[9,12],即设定每个 LED 中的公有信息流和私有信息流的传输功率为平均分配的;(2) 基于等比例增益比的功率分配方案^[13,15],即相邻数据流的功率分配比例保持恒定不变, $m_k^2/m_{k-1}^2 = m_{k-1}^2/m_{k-2}^2 = \dots = m_2^2/m_1^2 = m_1^2/m_c^2$ 。

图 6 所示为在不同的仿真场景下,基于 3 种功率分配方案的 RSMA-OWC 系统的中断概率性能对比。可以看出,与均匀分布的功率分配和基于等比例增益的功率分配方案相比,本文提出的联合优化方案最多可以使系统的平均中断概率下降 0.9 个数量级。另外,通过图 6(a)与(b)的对比可以看出,

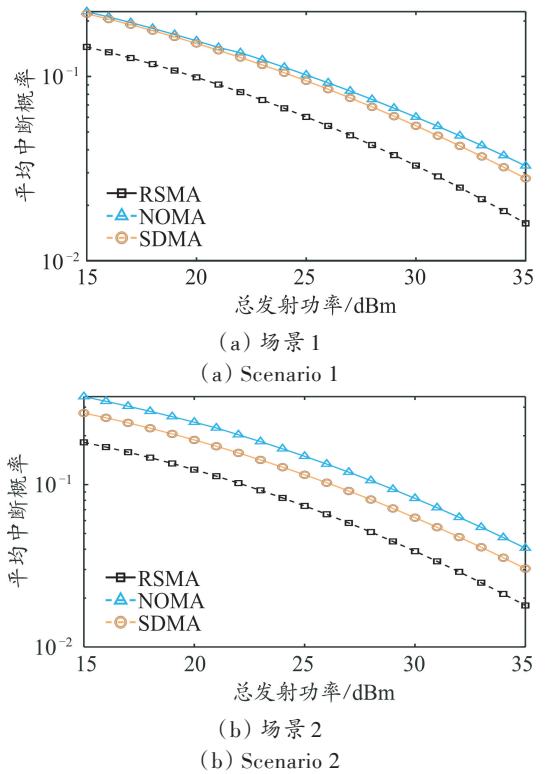


图 5 3 种接入方案在 3x3 的 OWC 系统中的平均中断概率

Figure 5 Average outage probability for the three access scenarios in the 3x3 OWC system

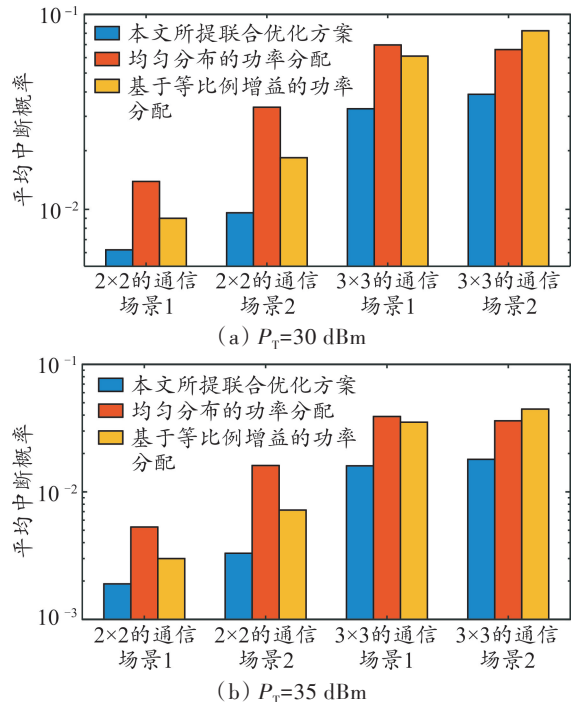


图 6 3 种不同的资源分配方案下,OWC 系统的平均中断概率性能比较

Figure 6 Comparison of the average outage probability performance of the OWC system with three different resource allocation scenarios

随着发射功率的增加,本文所提方案可以更大程度地降低系统的平均中断概率。

图7所示为在 2×2 的发射和接收用户模式下的两种场景中,3种方案的平均中断概率对比。可以明显看出,随着用户位置关系的变化,本文所提方案依然能够得到最低的平均中断概率。这是因为,基于均匀分布和等比例增益的功率分配方案本质上是以牺牲部分用户性能为前提,以一种机械式的公平性对系统资源进行分配。在给定的参数下,本文方案在实际的通信环境中更具灵活性。

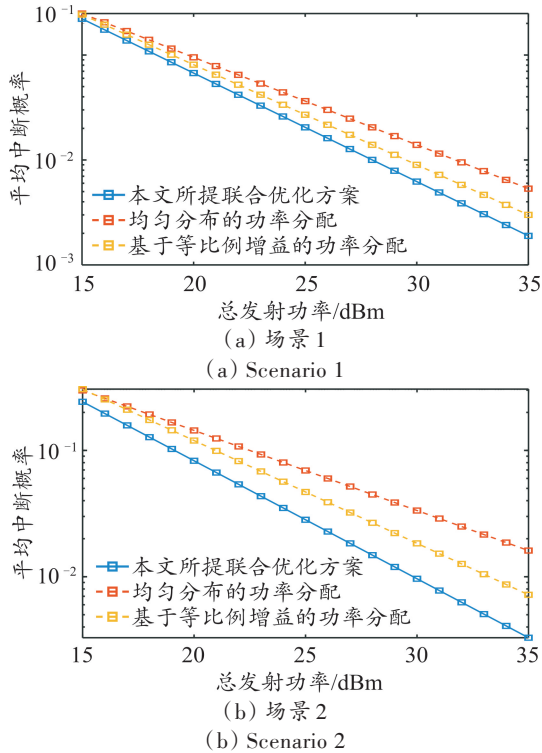


图7 3种不同的资源分配方案下, 2×2 OWC系统的平均中断概率性能比较

Figure 7 Comparison of the average outage probability performance of the 2×2 OWC system under three different resource allocation schemes

图8所示为在 3×3 的发射和接收用户模式下3种方案的平均中断概率对比。从图8(a)和(b)的对比可以看出,由于场景的变化,基于均匀分布和等比例增益的功率分配方案的平均中断概率出现了明显的反转,与此同时,本文所提方案在优化系统的平均

中断概率一直保持着最优解。随着信道数量的增加,本文方案可以通过预编码和功率分配的联合优化更精确地规划 RSMA-OWC 系统的信息流分配,更容易聚集于优质的传输信道,避免公共速率的锁定,更好地利用系统自由度的提升优势。

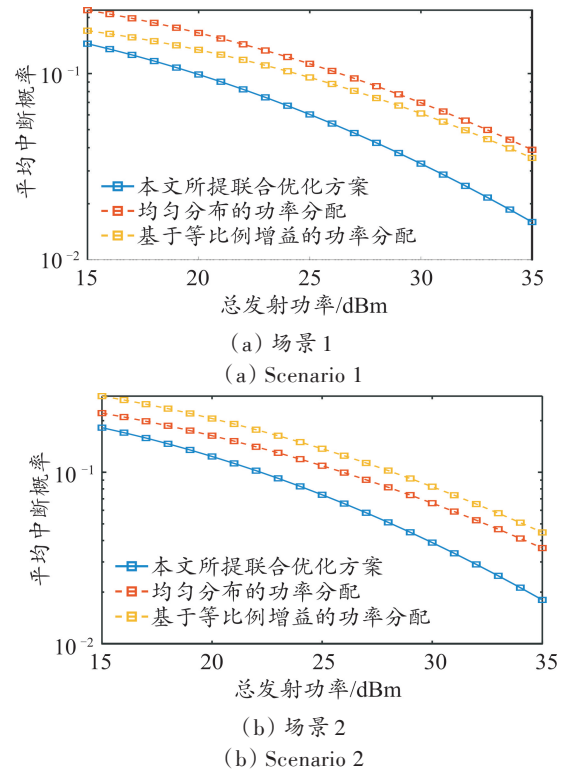
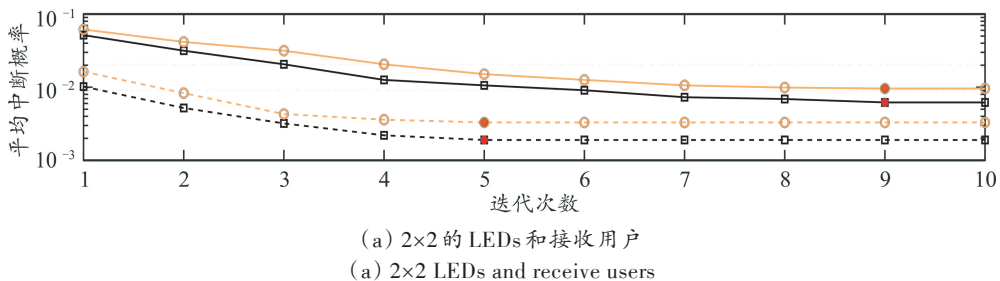


图8 3种不同的资源分配方案下, 3×3 OWC系统的平均中断概率性能比较

Figure 8 Comparison of the average outage probability performance of the 3×3 OWC system under three different resource allocation schemes

本文所提方案在不同场景下的收敛效果如图9所示。在 2×2 的场景中,当 $P_T=30$ dBm时,算法需要9次迭代可达到收敛;当 $P_T=35$ dBm时,算法仅需5次迭代即完成收敛。而在 3×3 的场景中,当 $P_T=30$ dBm时,算法分别需要15和14次迭代达到收敛;当 $P_T=35$ dBm时,算法仅需11次迭代即完成收敛。随着发射功率的增加,系统可以更容易得到均衡的功率分配。另外,本文所提算法的收敛速率基本只与功率大小和用户规模相关。在相同的功率和



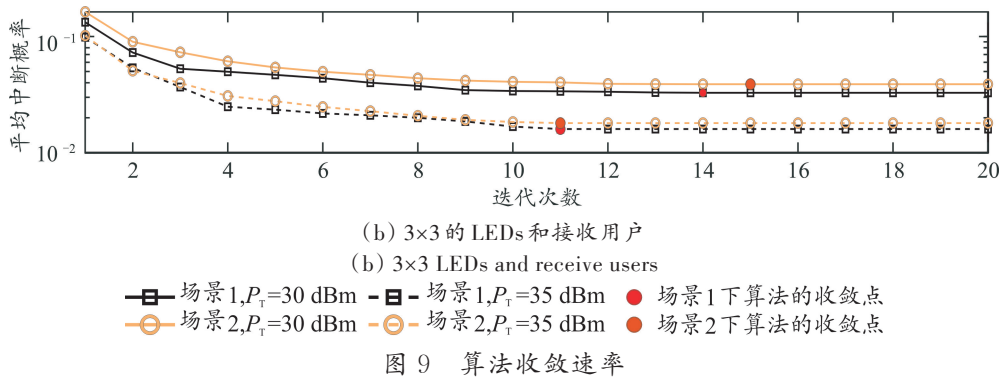


Figure 9 Algorithm convergence rate

用户规模下,随着用户位置的变化,该算法的收敛速率变化差值不超过 1 次迭代,保持了一定的稳定性。

4 结束语

本文从理论上分析了基于 RSMA 的 OWC 系统的平均中断概率,并通过仿真证明了 RSMA 在 OWC 系统中的可行性和优越性。在预编码设计和功率分配问题方面,本文将建模为一个以平均中断概率最小化为目标的非凸分阶问题,并提出了一种基于线性逼近的联合预编码矩阵和速率分配算法。仿真结果表明,相对于现有的功率分配方案,本文所提方案在优化系统平均中断概率性能方面表现出更优的性能,并且保持了极快的收敛速度。

参考文献:

- [1] Khalighi M A, Uysal M. Survey on Free Space Optical Communication: A Communication Theory Perspective [J]. IEEE Communications Surveys & Tutorials, 2014, 16(4): 2231–2258.
- [2] Elgala H, Mesleh R, Haas H. Indoor Optical Wireless Communication: Potential and State-of-the-art [J]. IEEE Communications Magazine, 2011, 49(9): 56–62.
- [3] Mao Y, Clerckx B, Li V O K. Energy Efficiency of Rate-Splitting Multiple Access, and Performance Benefits over SDMA and NOMA [C]//The 2018 15th International Symposium on Wireless Communication Systems (ISWCS). Lisbon, Portugal; IEEE, 2018: 1–6.
- [4] Te H, Kobayashi K. A New Achievable Rate Region for the Interference Channel [J]. IEEE Transactions on Information Theory, 1981, 27(1): 49–60.
- [5] Clerckx B, Joudeh H, Hao C, et al. Rate Splitting for MIMO Wireless Networks: A Promising PHY-layer Strategy for LTE Evolution [J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(5): 98–105.
- [6] Dai M, Clerckx B, Gesbert D, et al. A Rate Splitting Strategy for Massive MIMO with Imperfect CSIT [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2016, 15(7): 4611–4624.
- [7] Castro J A D, Lima F R M. Subcarrier Assignment,

- User Matching and Power Allocation for Weighted Sum-Rate Maximization with RSMA [C]//The 2022 Global Information Infrastructure and Networking Symposium (GIIS). Argostoli, Greece; IEEE, 2022: 20–24.
- [8] Jaafar W, Naser S, Muhaidat S, et al. On the Downlink Performance of RSMA-based UAV Communications [J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2020, 69(12): 16258–16263.
- [9] Joudeh H, Clerckx B. Sum-Rate Maximization for Linearly Precoded Downlink Multiuser MISO Systems with Partial CSIT: A Rate-Splitting Approach [J]. IEEE Transactions on Communications, 2016, 64(11): 4847–4861.
- [10] Mao Y, Clerckx B, Li V O K. Rate-Splitting for Multi-Antenna Non-Orthogonal Unicast and Multicast Transmission: Spectral and Energy Efficiency Analysis [J]. IEEE Transactions on Communications, 2019, 67(12): 8754–8770.
- [11] Park J, Choi J, Lee N, et al. Sum Spectral Efficiency Optimization for Rate Splitting in Downlink MU-MISO: A Generalized Power Iteration Approach [C]//The 2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW). Nanjing, China; IEEE, 2021: 1–6.
- [12] Mao Y, Clerckx B, Zhang J, et al. Max-Min Fairness of K-User Cooperative Rate-Splitting in MISO Broadcast Channel with User Relaying [J]. IEEE Transactions on Wireless Communications, 2020, 19(10): 6362–6376.
- [13] Naser S, Sofotasios P C, Bariah L, et al. Rate-Splitting Multiple Access: Unifying NOMA and SDMA in MISO VLC Channels [J]. IEEE Open Journal of Vehicular Technology, 2020, 1: 393–413.
- [14] Naser S A, Sofotasios P C, Muhaidat S, et al. Rate-Splitting Multiple Access for Indoor Visible Light Communication Networks [C]//The 2021 IEEE Wireless Communications and Networking Conference Workshops (WCNCW). Nanjing, China; IEEE, 2021: 1–7.
- [15] Tao S, Yu H, Li Q, et al. One-Layer Rate-Splitting Multiple Access with Benefits over Power-Domain NOMA in Indoor Multi-Cell Visible Light Communication Networks [C]//The 2020 IEEE International Conference on Communications Workshops (ICC Workshops). Dublin, Ireland; IEEE, 2020: 1–7.