

OAM-GSM 毫米波无线通信系统建模与性能分析

张琪, 熊绪胜, 李强, 韩涛, 钟祎

华中科技大学电子信息与通信学院, 中国武汉市, 430074

摘要: 随着 5G 与物联网快速发展, 海量移动设备涌入网络, 产生巨大的数据交互需求, 对未来网络发展提出严峻挑战。如何进一步提高通信网络容量、支持更大规模的网络接入, 成为亟待解决的关键问题。在传统无线通信系统如 MIMO 中, 空间调制、广义空间调制等调制策略被提出, 以提升毫米波通信系统的传输速率, 同时频率、时间等传统自由度也已被充分利用。因此, 基于以上自由度很难进一步提高通信系统性能。由于轨道角动量 (Orbital Angular Momentum, OAM) 波在理论上具有无限个状态, 并且不同状态之间存在自然正交性, OAM 技术可以为无线通信系统提供新的自由度。随着无线通信系统中使用的电磁波频率逐渐升高, OAM 技术也受到广泛关注。受 OAM 状态对信号进行编解码的思想启发, 本文设计了 OAM-GSM 毫米波无线通信系统。与传统的广义空间调制 (GSM) 系统相比, OAM-GSM 毫米波无线通信系统能够带来显著的性能提升, 可作为未来移动网络的候选解决方案。

OAM-GSM 系统发射端采用由 M 个 OAM 发射天线阵元组成的均匀线性阵列 (Uniform Linear Array, ULA)。系统接收端由 M 组接收天线对组成, 每组接收天线对包含两个接收天线, 均安置在对应发射天线发射的 OAM 波的环形区域内。在 OAM-GSM 系统中, 我们通过利用不同的 OAM 状态进行编码调制。信源的二进制比特流中的部分比特可以映射到不同的 OAM 状态, 从而通过选择发射不同的 OAM 波实现信息传输。此外, 在 OAM-GSM 系统中, 信源的二进制比特流中还有一部分比特用于天线选择, 一部分比特用于星座符号选择。

文中使用分离检测法检测传统调制符号、激活天线矩阵和 OAM 状态。在判断 OAM 电磁波的 OAM 状态时, 可根据接收端两个接收天线分别检测出的所在位置 OAM 波的相位, 利用相位梯度法确定。在 OAM-GSM 系统中, 发射天线数量的增加使系统的误比特率 (Bit Error Rate, BER) 增大。为降低大发射天线数下的 BER 值, 文中提出 OAM-GSM 系统预编码解决方案。

数值结果表明, 与传统 GSM 通信系统相比, OAM-GSM 毫米波系统虽然具有更复杂的收发机制, 但其信道容量和最大能量效率分别提高 80%、54%。同时, 与传统 GSM 系统相比, 通过采用提出的信道预编码算法, OAM-GSM 毫米波系统的误码率下降 91.5%。综上所述, 文中设计的 OAM-GSM 毫米波无线通信系统具有良好性能, 可作为未来移动网络的候选解决方案。

关键词: 轨道角动量; 广义空间调制; 毫米波通信; 信道容量; 能量效率; 误比特率

<https://doi.org/10.1631/FITEE.2000444>