

# 非正交多址系统下行链路的功率分配研究

葛子杨

(南京工业大学计算机科学与技术学院, 江苏 南京 210000)

**摘要:** 非正交多址系统下行链路的功率分配研究, 则需要从时频资源块承载、功率分配以及无线传输等角度进行综合控制, 对提高非正交多址系统下行链路的综合功率控制水平有积极作用。结合非正交多址系统的运行原理, 对非正交多址接入方式、功率分配算法、干扰消除算法等方面进行综合分析, 在通信传输与功率分配的视角下, 对用户信道估计矩阵, 多址干扰等方面进行综合控制, 对实现下行链路功率分配的综合控制效果提升有积极作用。

**关键词:** 非正交多址系统 下行链路 功率分配

**中图分类号:** TN929.5 **文献标识码:** A **文章编号:** 1003-9082 (2022) 02-0004-03

## 引言

5G新技术下, 非正交多址系统的应用, 开辟了功率域, 促使不同的用户可以共享同一块时频资源块, 而且, 可以在提高系统吞吐量的基础上, 提高频谱效率。在发送端, 给不同的用户分配不同的沟通率, 将用户信号叠加在一起, 进行发送与传输。因此, 利用非正交多址系统对用户信号进行检测与分离, 可实现信号传输水平的进一步提升。结合非正交多址系统的实际应用情况, 对非正交多址系统下行链路的功率分配进行研究, 对提高非正交多址系统的用户吞吐量以及提高频谱利用率等方面有积极作用。

### 一、非正交多址系统的接入方式分析

现有通信系统大多是采用时分多址、频分多址、码分多址等正交多址方式对用户进行多址接入, 而最新提出的非正交多址接入方式, 可以在同一块时频资源上承载多个不同的用户, 并给用户分配不同的功率, 对用户叠加进行信号的传输进行控制, 对提高频谱效率以及系统容量等方面有积极作用。非正交多址接入技术的应用, 可通过与传统的移动通信系统中的接入技术进行对比分析, 可提高系统容量以及频谱效率, 而且, 在发送端, 非正交多址系统可以为不同的用户分配不同的功率, 并在同一时频资源块上发送出去, 由于复用在同一时频资源块下的各用户不具备信号的全正交性, 所以, 在接收端, 通过串行干扰消除技术, 消除其他用户的多址干扰, 达到解调用户信号的目的。在对功率分配算法进行研究中, 利用迭代注水功率分配算法, 通过各用户所在子载波信道状态的不同来分配不同的功率。功率分配算法在理论上, 可以逼近非正交多址系统的吞吐量上限。但是, 由于其计算的复杂度比较高, 所以, 在实际计算的过程中, 需要通过多次迭代才能得到最优解, 其工程应用水平仍需进一步提升

张昱, 李昊 (2021) 在对图样分割多址技术的实际应用

进行研究中, 在多天线的系统中, 可通过图像分割处理的方式, 对发送、接收等方面进行综合控制, 通过利用置信船舶算法, 提高非正交多址系统下行速率控制效果。联合优化两用户的编码功率分配因子进行控制的基础上, 可提高非正交多址系统平均下行速率有积极作用<sup>[1]</sup>。

张军霞, 程慈航 (2021) 为提高系统的并发用户量以及降低系统能好, 在对接入的用户分组方案进行优化中, 利用联合功率分配的分组算法, 对组内的最优解调顺序进行控制, 实现系统性能的进一步提升<sup>[2]</sup>。

李云, 蔡丽娟 (2021) 非正交多址接入允许在统一时频资源上复用多个用户, 提高非正交多址系统的用户接入数量以及频谱频率。在对基站动态调整过程进行优化中, 则需要从分数阶功率分配算法调整与控制的角度, 利用拉格朗日函数, 在约束条件下, 获得用户购买的最优功率<sup>[3]</sup>。

宋传旺 (2021) 非正交多址系统接入技术的应用, 则是对非正交多址系统的中断性能、下行链路场景等方面进行解码处理, 并对转发协议的分布以及信噪比变化等方面进行综合控制, 利用仿真分析, 实现对中继位置、信道质量、中继个数对系统中断概率的变化规律进行量化, 对中继选择策略的性能优势提升方面有积极作用<sup>[4]</sup>。

### 二、非正交多址系统下行链路的功率分配算法

非正交多址系统在实际应用中, 则需要从时域、频域、码域等基础上引入功率域, 在发送端, 为不同的用户分配不同的功率。在利用串行干扰消除技术正确解调用户信号中, 还可以对用户功率进行分配, 保证非正交多址系统的吞吐量以及用户公平性方面达到最优解。在对非正交多址系统下行链路的功率分配进行分析, 在不同用户分组方案建立的基础上, 对不同用户之间的干扰进行分析, 对提高非正交多址系统的吞吐量方面有积极作用。在建立多种用户分组算法的过程中, 采用随机分组算法以及瞬时速率分

析的方式,实现非正交多址系统下行链路的功率分配水平提升。

桂一琳(2021)在对非正交多址接入方式进行研究与分析中,则通过与传统的移动通信进行对比,在非正交多址系统下,可对用户分配的功率变化进行调整,提高用户信号的综合处理效果。在多用户共享接入技术的应用下,对多元码序列进行调整,并根据用户信号变化,对不同编码方式进行调整,这对用户信息的综合处理水平有积极作用<sup>[5]</sup>。

杨一夫,武刚(2020)结合非正交多址系统的应用原理,对非正交多址系统的多用户共享接入以及稀疏码多址接入技术,对非正交多址系统下行链路的功率分配性能进行优化,对实现非正交多址系统下行链路的功率分配水平提升方面有积极作用<sup>[6]</sup>。

李泽(2019)基于大尺度衰落的用户分配方案以及贪婪算法下的用户分配方案的应用,可通过频谱效率对比与检验的方式进行分析,在非正交多址下行链路模型中,可通过贪婪算法,获得更高的频谱效率,但是,计算的复杂程度比较高,需要对路径损耗指数进行计算,提高功率分配水平<sup>[7]</sup>。

冯郑慧(2019)非正交多址系统下行链路的用户功率分配,则需要对簇内吞吐量进行控制。提出给定吞吐量最小限值的条件下,簇内用户数最大值的估计方案,将给定吞吐量的最小限值控制为 $10\text{Mbit}\cdot\text{s}^{-1}$ 的状态下,非正交多址系统的簇中最大用户数为4<sup>[8]</sup>。

### 三、非正交多址系统下行链路功率分配中干扰消除算法的应用研究

非正交多址系统下行链路的功率分配,在发送端将用户信号叠加在一起,并行发送,所以,各用户信号会共享同一时频资源块,采用非正交的方式进行发送与传输,对提高频谱利用率方面有积极作用。在对干扰消除算法的实际应用进行分析中,结合用户的信号矩阵关系,对发送信号估计、功率分配算法应用等方面展开讨论。非正交多址系统接入技术在实际应用中,以正交频分复用技术与功率域融合,基站将多个用户叠加在同一子频带上进行传输,每个用户分配不同的发送功率,在时频资源上进行复用,并利用OFDM调制发送。在接收端,利用正交频分复用解调技术对叠加用户信号进行处理,并对多个用户信号进行叠加与处理,达到干扰消除以及多用户检测的目的。将不同用户的信号解调出来后,可对消除模块进行处理,提高非正交多址系统下行链路功率分配处理水平。非正交多址系统在发送端给不同的用户分配不同的功率使其在功率域进

行用户叠加,而在接收端则要采用串行干扰消除接收机对信号进行检测分离,因此,在发送端,基站采用合适的功率分配方案,给所有用户自适应地分配不同的功率,这种理念不仅可以用来区分用户,而且可以最大程度地利用功率资源,在提升系统吞吐量以及频谱效率的同时,也可以保证用户之间的公平性。

李伟琪,王浩(2019)在对串行干扰消除算法的实际应用分析中,通过信道分析以及估计的方式,获取用户的信道估计矩阵,并进行求逆,依次与用户的信号矩阵相乘,获得用户期望信号。在迫使信道增益的状态下,实际信道中不可避免地会出现噪声,所以,可对噪声进行消除处理,降低接收性能不佳的情况出现<sup>[9]</sup>。

刘玉婷(2018)基于最小均方误差检测的串行干扰消除算法应用,以发送信号估计的均方最小为基本目标,在信道分析与估计的过程中,可以通过计算获取权向量矩阵,计算矩阵各行的欧式距离,利用欧氏距离最小的一行,与信号矩阵进行相乘,从而获得解调功率的最大信号值<sup>[10]</sup>。

李晴(2020)利用全空间搜索功率分配算法,对所有用户以及分组情况等进行搜索,并从功率分配计算的角度,提高非正交多址系统的数据分析与识别水平。在数据消除以及多用户分析中,则需要最小均方误差检测的基础上,对非正交多址系统下行链路的吞吐量进行控制,提高用户信号的综合处理水平<sup>[11]</sup>。

侯国琛(2020)分析非正交多址系统的应用,则是利用串行干扰消除技术,对用户信号进行解调,在对用户功率进行分配与调整的基础上,可提高非正交多址系统的数据传输、信息处理水平。通过对用户功率进行合理的分配,促使非正交多址系统在吞吐量与用户公平性方面可达到最优,功率分配算法在实际应用下,可提高非正交多址系统的整体性能。在信道增益与功率分配的基础上,对功率分配因子阅读,用户之间分配的功率差值越小,这对功率分配以及信道状态检验水平提升有促进作用。功率分配因子在非正交多址系统设计中便可以确定,在用户功率分配以及非正交多址系统吞吐量计算的前提下,可事先功率分配与数据分析处理水平的综合提升<sup>[12]</sup>。

### 四、基于能量效率的功率分配研究

在利用能量效率对非正交多址系统下行链路的功率分配进行研究,则需要结合非正交多址系统下行链路的运行特点,对线性信号进行检测,并将群体优化问题与用户的信号干扰问题等方面进行控制。因此,利用粒子群算法,对非正交多址系统下行链路的相关参数进行初始化,并对

惯性权值进行统计, 分别对加速因子、粒子群数量等方面进行检验与分析。在对粒子的初始适应值进行分析中, 以局部最优解为依据, 可通过适应度函数进行计算。在对功率分配进行研究与分析中, 则需要针对非正交多址系统下行链路频带间的功率分配进行综合而控制, 在实现功率分配以及参数分析的基础上, 可降低功率分配过程中, 多用户之间功率分配的干扰。在对粒子位置以及局部最优值进行计算与分析中, 可对适应值进行检验与分析, 并获得迭代数据。在对仿真参数进行设置中, 采用串行干扰消除技术, 对多址干扰问题进行处理。在通信系统中, 可对下行链路的数据传输能效进行评估。因此, 在进行参数设置的过程中, 最大发射功率设置为40dBm, 子频带宽的数值为15kHz, 电路损耗为2W, 功率放大因子为4, 噪声功率谱密度为-174dBm/Hz, 用户最小数据的传输速率为500bps。在对能量效率与最大发射功率之间的关系进行分析中, 其实际关系情况如图1所示。

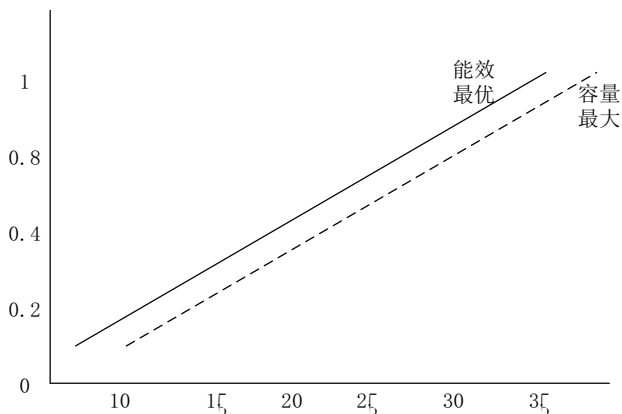


图1 不同优化指标下系统能量效率与最大发射功率之间的关系

在其他变量确定的前提下, 以基站最大发射功率  $P_{\max}$  为自变量, 以能量效率  $\eta$  衡量分配方案的性能。基于能量效率的功率分配方案性能曲线可以清楚地看到, 当基站最大发射功率慢慢增加时, 非正交多址系统下行链路的能量效率呈现一种慢慢上升然后渐渐趋于平缓的趋势。当基站最大发射功率达到25dBm时, 系统能量效率达到最大, 基本保持不变。这主要是因为一开始时基站的功率对系统能量效率产生了较大的约束, 之后随着基站最大发射功率的增加, 系统已经找到了最优的功率分配方案, 不会消耗多余的功率, 所以能量效率趋于稳定。而从基于小区容量的功率分配方案性能曲线可以清楚地看到, 当基站最大发射功率慢慢增加时, 非正交多址系统下行链路能量效率呈现出一种先上升再下降的趋势, 拐点大概是在基站最

大发射功率为28dBm处。在实现功率分配最大化的基础上, 可实现非正交多址系统下行链路的综合控制效果提升。

### 结语

非正交多址系统下行链路的功率分配研究, 则需要从接入方式、功率分配算法应用、干扰消除算法应用等角度展开研究, 结合非正交多址系统下行链路的运行及吞吐量控制, 则需要从资源调度、干扰消除等角度进行综合控制, 从而实现非正交多址系统下行链路的功率分配调控水平提升。在终端连接数目的增长视角下, 则需要对用户数的资源数目以及用户分组、功率分配算法等方面进行优化, 提高非正交多址系统下行链路的功率分配水平提升。

### 参考文献

- [1]张昱,李昊,彭宏,等.非正交多址系统中基于Raptor码的下行传输设计与优化[J].小型微型计算机系统,2021,42(08):1735-1740.
- [2]张军霞,程慈航,张天壮.上行非正交多址系统中用户分组方案的优化[J].现代计算机,2021(22):47-54.
- [3]李云,蔡丽娟,苏开荣.MIMO系统中基于非正交多址接入的功率分配算法研究[J].计算机学报,2021,44(05):1013-1023.
- [4]宋传旺,刘栋,李恩玉,等.NOMA系统的被动中继选择策略[J].西安电子科技大学学报,2021,48(03):56-62.
- [5]桂一琳.时分双工下基于无线能量信息同传的非正交多址系统研究[D].吉林大学,2021.
- [6]杨一夫,武刚,李欣然,等.面向后5G的非正交多址技术综述[J].无线电通信技术,2020,46(01):26-34.
- [7]李泽.非正交多址下行链路的资源分配与仿真[J].中原工学院学报,2019,30(01):83-88.
- [8]冯郑慧,李莉,林振,等.非正交多址接入系统下行链路簇内用户数最大化研究[J].上海师范大学学报(自然科学版),2019,48(01):13-19.
- [9]李伟琪,王浩,贾子彦.非正交多址接入通信系统性能分析[J].软件导刊,2019,18(04):163-167.
- [10]刘玉婷,宋荣方.OFDM-NOMA下行链路用户分组及功率分配研究[J].南京邮电大学学报(自然科学版),2018,38(05):28-34.
- [11]李晴.非正交多址接入系统下行链路资源分配研究[D].南京邮电大学,2020.
- [12]侯国琛.基于非正交多址与全双工通信的双层异构网络资源分配研究[D].燕山大学,2020.