

基于分布式算法的 MIMO 系统天线选择和用户调度方案 研究与应用

田晔非

(重庆电子工程职业学院, 重庆, 401331)

摘要:针对大规模多输入多输出(MIMO)系统基站空间路径衰减问题,提出一种分布式算法适应于MIMO系统的天线选择与用户调度解决方案.以用户服务质量(QoS)为条件,在不增加天线发射增益的情况下,实现在天线选择的同时调度最优用户进行通信,仿真结果表明,该方案能够大幅度提高系统稳定性。

关键词: MIMO 系统; 天线选择; 用户调度; 分布式算法

DOI:10.16520/j.cnki.1000-8519.2020.23.018

Research and Application of MIMO System Antenna Selection and User Scheduling Based on Distributed Algorithm

Tian Yefei

(Chongqing college of electronic engineering, Chongqing, 401331)

Abstract: In view of the MIMO system. The distributed algorithm is proposed to adapt to the antenna selection and user scheduling solution of the spatial path attenuation problem of the base station. Under the condition of user quality of service (QoS), without increasing the antenna transmission gain, the optimal user can be scheduled for communication while the antenna is selected. The simulation results show that the scheme can greatly improve the stability of the system.

Keywords: MIMO; antenna selection; user scheduling; distributed algorithm

0 引言

大规模多输入多输出(MIMO, multiple-input multiple-output)系统是第五代通信系统(5G)的关键技术之一,具有频谱效率高、信号辐射广、天线系统先进、系统容量大等优点。在实际运用中,为匹配MIMO系统的多天线阵列,需配置与天线数目相同的射频链路,但因天线的发射增益难无限增强,且受物理规律限制,空间的路径衰减严重,用户端信号接收性能影响大,系统稳定性差,这已成为MIMO技术发展最大制约因素。对此,天线选择和用户调度是一个较为有效的技术解决方案。

分布式算法在MIMO系统中能在不增加系统开销的情况下,与不同基站之间传递少量的信息,每个基站根据收集到的信息独立地计算,从而对系统的功率、时间、频率和天线资源进行优化。

文章提出一种分布式算法适应于MIMO系统的天线选择与用户调度解决方案.以用户服务质量(QoS)为约束条件,在不增加天线端发射功率的情况下,实现在天线选择的同时调度系统最优用户进行通信,以最大化系统总速率,提升系统稳定性。

1 系统模型

图1为MIMO系统联合天线选择与用户调度框图,在MIMO系统中,用户有大量的业务需求,该业务需求随着时间

的迁移会发生一定的变化,而且不同用户的偏好和兴趣不同,所需求的业务也不尽相同。为此,假设对于每个用户,其业务在每个时间单位结束时到达,设到达为 $A_i(t)$,可以建构成一个泊松分布。

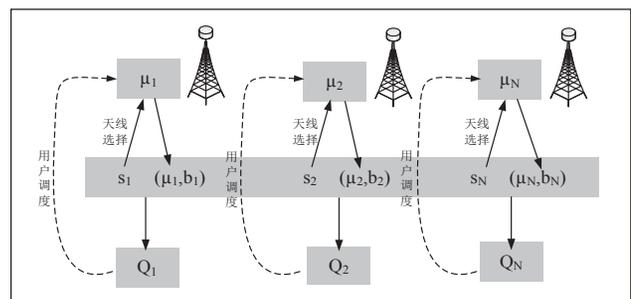


图1 天线选择和用户调度系统框图

对于业务服务, MIMO 系统中的一个基站只能调度一个用户进行数据传输, 由于用户只配备单天线, 基站端只能选取一个波束对数据进行预编码以提高传输速率和可靠性。设基站 j 在 t 时隙调度用户 i , 并以波束 a_{jxi} , j 对数据进行预编码, 则用户 i 端的接受信号为:

$$y_{i,j}(t) = \sqrt{p_j} h_{i,j}^T a_j x_{i,j} + \sum_{k \neq j} \sqrt{p_k} h_{i,k}^T a_k x_{m,k} + n \quad (1)$$

其中 p_j 表示基站 j 的发射功率, $h_{i,j}$ 表示基站 j 到用户 i 的信道矢量, $x_{i,j}$ 表示基站 j 向用户 i 发送的数据, n

表示噪声。设带宽为 W_j , 则信干噪比 SINR 可以表达成:

$$SINR_i = \frac{p_j |h_{i,j}^T a_j|^2}{\sum_{k \neq j} p_k |h_{i,k}^T a_k|^2 + W_j \rho_n} \quad (2)$$

考虑到业务需求和信道的时变特性, 精确的时延不易求解, 为此可以用尚未服务掉的业务需求作为时延代价。基站 j 的在 t 时刻的时延代价可以定义为其关联用户集内的所有用户的未服务的业务需求量, 即 $\text{delay}_j(t) = \sum_{i \neq 1} q_i(t)$ 。从长期性能指标角度出发, 基站 j 的长期平均时延代价定义为:

$$d_j(u_j) = \lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{T} \sum_{t=0}^T \text{delay}(q_j(t)) \quad (3)$$

其中 u_j 表示基站 j 的联合用户调度和天线选择策略。进一步, 网络的长期平均时延代价可以定义为所有基站长期平均时延代价的和:

$$\bar{d}(u) = \sum_{j=0}^N d_j(u_j) \quad (4)$$

此外, 最小化网络平均时延代价可能会忽略某些用户的服务质量, 为了保证用户的服务公平性, 用户瞬时 QoS 需要得到满足, QoS 可以用业务服务队列表示, 当 $q_i(t) \leq q_{i, \text{Max}}$, 认为用户的 QoS 得以满足。

2 系统天线选择和用户调度分布式算法

首先利用 MIMO 系统云架构的特点, 在各基站端进行去中心化处理, 进而对系统初始化, 确定系统的天线和用户集合; 其次, 以各个用户服务质量(QoS)为约束条件, 设计满足业务到达和服务模型的天线选择集合。该天线集将用户调度和波束选择分别作为系统中间层和网络层; 然后, 在各基站确定考虑时延代价的用户调度集, 在多次筛选过程中删除对系统性能贡献最小或可能导致系统性能下降的天线; 最后, 利用分布式算法, 在天线集里进行用户优化选择, 从而提高的网络空间的选择性增益和多用户分集增益。

3 仿真实验与性能分析

对 MIMO 系统天线选择和用户调度分布式算法进行仿真实验, 模拟 MIMO 系统由 12 个基站构成, 空间位置分布如图 2 所示, 且它们发射功率相同, 每个用户的平均业务到达率相同, 基站关联用户集不相交。

图 3 描述了算法对 MIMO 系统网络长期稳定性的变化, 从这两条曲线可以看出, 运用了天线选择和用户调度算法的 MIMO 系统(蓝色线条), 基站端的网络长期平均时延代价不断减小直到收敛, 基本接近理想情况下(红色线条)的性能, 并且高于瞬时性能在长期时间上的叠加, 系统稳定性提高。

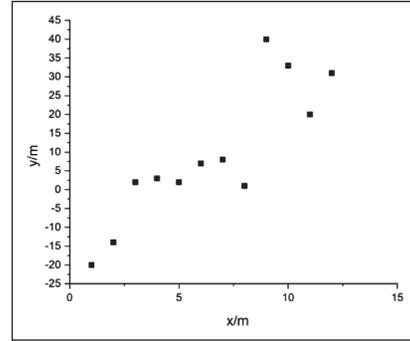


图 2 MIMO 系统基站空间位置分布图

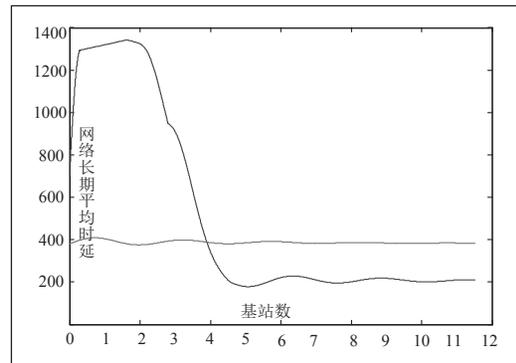


图 3 算法下的系统长期平均时延代价图

参考文献

- [1] 王月, 段红光, 郑兴林. 大规模 MIMO 系统中基于 CNN 的延迟 CSI 反馈改进算法 [J]. 电讯技术, 2020, (7):833-835.
- [2] 申滨, 王倩, 华权, 周应超. 低复杂度大规模 MIMO 系统联合天线选择与用户调度波束成形联环环境下干线交通信号协调控制方法 [J]. 北京邮电大学学报, 2017, (6):56-60.
- [3] 徐华正, 余金澳, 朱诗兵. 毫米波通信低复杂度波束选择和用户调度算法 [J]. 信号处理, 2019, (11):1853-1860.
- [4] 晏蕾芬. 毫米波大规模 MIMO 系统中预编码及用户调度技术的研究 [D]. 北京: 北京邮电大学(硕士学位论文), 2019.
- [5] 官国飞, 宋庆武, 张万生, 徐妍, 李澄, 蒋超. 基于边缘计算与强化学习的配电网物联网体系架构研究与应用 [J]. 机械与电子, 2020, (7):14-18.
- [6] 叶佩文, 贾向东, 杨小蓉, 牛春雨. 面向车联网多智能体强化学习边云协同卸载 [J]. 计算机工程, 2020, (7):2-10.
- [7] 丁自咏, 崔艳荣. 一种无需 GPS 分布式迭代无线传感器网络节点定位算法 [J]. 电脑知识与技术, 2019, (4):19-21.

(上接第 30 页)

- [4] 王彬彬. 基于 STM32 的指纹锁控制系统设计与实现 [D]. 西北师范大学, 2018.
- [5] 谭虹. 智能指纹密码锁的创新研究与开发 [J]. 工业控制计

算机, 2018, 31(09):156-157.

- [6] 马须敬, 朱义彪. 传感器的研究现状与发展趋势 [D]. 青岛科技大学材料科学与工程学院, 2017.08.