

# An MU-MIMO Downlink Adaptive Scheduling Algorithm in LTE System

Dingshu Tian

Department of Electronic Engineering, Beijing University of Posts & Telecommunications, Beijing  
Email: 360674971@qq.com

Received: Oct. 29<sup>th</sup>, 2012; revised: Nov. 13<sup>th</sup>, 2012; accepted: Nov. 19<sup>th</sup>, 2012

**Abstract:** LTE system is the worldwide well known advanced version from 3G to 4G. However, in terms of all the research aspects, the resource scheduling is still in the discovery level. Nowadays, the more developed research achievements of scheduling are such like PF, RR algorithm, and so on. The shortage of these algorithms is that they still pay most their attention to the SU-MIMO system, rather the MU-MIMO. In this paper, the proposed method aims at the build of downlink resource scheduling which can improve the system performance a lot for MU-MIMO system. Through the simulation of computer, this paper proves the availability and excellence of the proposed method.

**Keywords:** Mobile Communications; MU-MIMO; Resource Scheduling; User Coupling; CQI Recalculation

## LTE 系统下行 MU-MIMO 一种自适应调度算法

田定书

北京邮电大学电子工程学院, 北京  
Email: 360674971@qq.com

收稿日期: 2012 年 10 月 29 日; 修回日期: 2012 年 11 月 13 日; 录用日期: 2012 年 11 月 19 日

**摘要:** LTE 系统是 3G 向 4G 演进的国际一致在研究的方向和系统, 国内外对 LTE 的研究多方多面, 但是对于资源调度方面一直处于摸索发现阶段。当前较为成熟的算法包括正比公平算法, 轮询算法等, 虽然对系统的整体性能有所提升但是仍然将注意力过多的集中在 SU-MIMO 上, 而没有深入的探究 MU-MIMO 的更高性能的提升。本文旨在通过探究下行系统一种 MU-MIMO 的自适应调度算法, 进一步提高通信系统整体性能, 采用用户配对以及 CQI 的重计算来实现 MU-MIMO 的自适应资源调度, 并加以计算机仿真分析, 从性能结果能看出该方法的易实现性以及优越性。

**关键词:** 移动通信; MU-MIMO; 资源调度; 用户配对; CQI 重计算

### 1. 引言

LTE 是英文 Long Term Evolution 的缩写。LTE 也被通俗的成为 3.9G, 具有 100 Mbps 的数据下载能力, 被视作从 3G 向 4G 演进的主流技术。LTE 的研究, 包含了一些普遍认为很重要的部分, 如等待时间的减少、更高的用户数据速率、系统容量和覆盖的改善以及运营成本的降低。MIMO 技术通过多天线提供不同

的传输能力, 提供空间复用的增益, 该技术在 LTE 以及 LTE 的后续演进系统中是非常重要的技术。

用户数据速率分为上行用户数据速率以及下行用户数据速率, 数据速率的提高依赖于多方面的因素, 尤其下行用户数据速率的提高受目前公认较为重要也是国内外研究较为热门的资源调度的影响较大。目前的研究对于 SU-MIMO 系统的调度研究较为成熟

和深入, 提出如正比公平算法及其改进算法, 轮询算法及其改进算法等等; 然而 MU-MIMO 系统的调度研究并没有得到充分的挖掘, 我们都知道实现从 SU 向 MU 的过渡, 最直接的影响能提高系统在同样环境条件下的整体性能, 更利于数据的有效传输, 降低传输成本。本文旨在提出一种 MU-MIMO 下行自适应调度算法, 通过用户配对以及 CQI 重计算实现 MU-MIMO 系统的自适应资源调度, 并通过仿真验证其有效性以及比较分析其优越性。

## 2. 算法介绍

### 2.1. SU-MIMO 算法介绍

当前较为成熟的算法<sup>[1]</sup>有正比公平算法(PFS), 轮询算法(RRS), 最大 C/I(载/干比)调度算法等。这里以正比公平算法为例对 SU-MIMO 系统的调度做一个简要说明。

在正比公平调度策略中, 如果每个用户获得调度的机会是等同的, 称为公平机会调度算法。典型的调度算法是由高通公司提出的正比公平调度算法。正比公平调度算法是对系统吞吐量和用户公平性的一种折衷。PFS 中, 每个用户被分配一个相应的优先级, 小区中优先级最大的用户接收服务。优先权如下计算, 用户在  $t$  时刻的载干比除以用户在  $t$  结尾的时间窗  $t_c$  中的平均吞吐量。

因此可以看出 SU-MIMO 系统中 RB(resource block) 是被一个用户单独占用的<sup>[2]</sup>, 此种资源分配虽然能极大的保证被服务用户的通信质量, 但是就资源利用率来说比较低, 如果将一个 RB 分配给两个共同占用, 情况又会是怎样的呢, 接下来对 MU-MIMO 系统进行分析, 并提出本文的核心算法。

### 2.2. MU-MIMO 下行系统调度方案

经由上文分析了 SU-MIMO 的系统特性以及较为详细地说明了正比公平调度算法的优势和劣势, 下面提出本文欲详细论证的 MU-MIMO 下行系统调度算法。

#### 2.2.1. 用户配对资源方案

现在对用户资源调度的方案进行分步骤解析:

1) CQI 信息的初始化: MCS 初始化等。

2) HARQ 过程, 重传信息的提取, 需要重传的用户按照原分配的资源进行重传。

3) 构建未重传的用户集合。

4) 构建可能的用户组合, 此处可能的用户组合包括所有单个用户以及任意可能的两两组合(自己与自己不组合)。

5) 对所有的 source block 进行遍历, 计算所有可能组合的优先级。针对每一个 source block 对于所有组合的优先级进行从大到小排序。选择优先级最大的用户组作为被调度用户。调整 CQI 和码字(此部分细节见 2.2.2.)。

6) 记录新调度的用户。

至此 resource block 的对包括重传用户以及新传用户的分配已经全部完成。

#### 2.2.2. CQI 的重新计算

CQI 调整的重点在于 MCS 等级的重新计算, 是根据配对用户组中的用户来调整的。具体操作步骤如下:

1) 用基站端移动台缓存中读取配对用户各自原始 CQI 信息。

2) 提取各自的码字, 记为  $mC1$ ,  $mC2$  (如果只有一个用户只有  $mC1$ )。进入如下计算:

首先我们设基站天线数为  $N$ , 设置变量  $mC$ , 并将  $mC$  设置为第一行一到  $N$  列为  $mC1$  的转置, 其第二行一到  $N$  列为  $mC2$  的转置。然后进过下式计算:

$$mW = mC^T * (mC * mC^T)^{-1} \quad (1)$$

并经过下式(2)对  $mW$  进行归一化, 得到为之后 MCS 调整准备的  $cTemp$  矩阵。

$$cTemp = \text{diag}(\text{diag}(mC * mW)) \quad (2)$$

3) 提取原始 MCS 等级 SINR 信息, 得到  $dSINR1$  和  $dSINR2$ 。

4) 调整新 SINR 信息, 计算如下:

$$dAdjustSINR1 = dSINR1 * \text{abs}(cTemp(0,0)) \quad (3)$$

$$dAdjustSINR2 = dSINR2 * \text{abs}(cTemp(1,1)) \quad (4)$$

5) 然后由转化后的 SINR 转化到调整后的 MCS, 将调整后的 MCS 储存。

至此完成了 CQI 的重新计算。

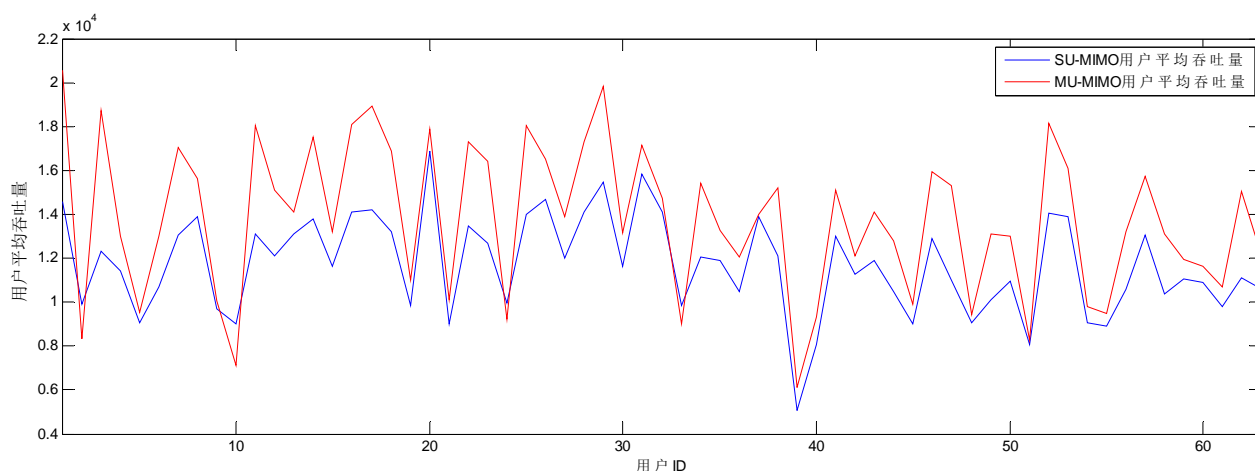


Figure 1. User throughput comparison  
图 1. 用户吞吐量比较

### 3. 仿真结果分析

仿真所得结果如下, 在固定基站以及小区撒点位置相同的情况下, 观察 SU-MIMO 单用户调度以及 MU-MIMO 多用户调度的性能差异。采用 7 小区模型, 每个小区三个扇区, 每个扇区有 3 个用户, 对一共 63 个用户进行调度, 两种方案的用户吞吐量图见图 1。

由图可见, 当使用 MU-MIMO 调度时整体的性能得到较大幅度的提高, 下面计算小区频谱效率以及边缘频谱效率来比较两种算法的性能差异。使用 SU-MIMO 调度得到的小区总吞吐量为 737223.8 kbps, 由下式:

$$737223.8 \div (10 * 1000 * 0.6 * 63) = 1.95 \text{ bps/HZ} \quad (5)$$

得到此时的小区频谱效率为 1.95 bps/HZ; 而使用 MU-MIMO 调度得到的小区总吞吐量为 867,655 kbps, 由下式:

$$867655 \div (10 * 1000 * 0.6 * 63) = 2.295 \text{ bps/HZ} \quad (6)$$

得到此时的小区频谱效率为 2.295 bps/HZ。从而可见 MU-MIMO 在小区频谱效率方面得到较大的提高。同理, 通过边缘频谱效率的比较仍然显示出本论文提出的调度算法的优越性。

### 4. 性能优化

1) 从以上的仿真结果可以看出有些用户的吞吐量反倒有一些下降, 这些用户可能是处于小区的边缘, 也可能是因为仿真点数较少导致, 之后的研究可

以从这两点进行优化, 观察是否为以上原因所致。

2) 从天线模式<sup>[3]</sup>方面考虑仍然有多种实现 MIMO 的天线模式可以对本算法进行进一步的研究和优化, 并结合其他的 MIMO 技术<sup>[4,5]</sup>, 此为后续研究的方向。

### 5. 结论

本文给出了一种旨在解决 MU-MIMO 下行资源调度的算法, 从单用户系统的资源分配局限性入手发现算法的可拓展性, 解决用户配对时的资源分配以及 CQI 信息(包括 MCS 等级)的重新计算问题后, 实现资源的配置更优化。从计算机的仿真结果可以看出该算法能较大幅度地提高系统性能和单用户的更好通信质量的体验。可以深入的研究和探讨给出的可能优化方向, 此为下一步的研究。

### 6. 致谢

感谢王森博士对于论文完善方面的支持工作, 感谢本论文撰写期间北京邮电大学射频实验室的同学们利用课余时间对本论文可能存在问题的讨论的帮助, 感谢一直关注本论文进展的同学们。

### 参考文献 (References)

- [1] 吴斌, 李国民, 党丽莉. 分组调度算法的分析与仿真[J]. 通信技术, 2007, 40(11): 196-198.
- [2] 王笑天. 多用户 MIMO(MU-MIMO)系统下行链路预编码和调度算法研究[D]. 东南大学, 2010.

- [3] 李钊, 杨家玮, 姚俊良, 陈婷. MU-MIMO 下行链路模式自适应有限反馈机会传输[J]. 北京邮电大学学报, 2009, 32(5): 15-16.
- [4] 傅华, 姚天任, 江小平, 陈少平. 多用户 MIMO 系统中的一种低复杂度用户选择算法[J]. 计算机工程与应用, 2007, 43(11): 128-131.
- [5] 张炳超, 黎海涛. 一种多用户 MIMO 系统的公平调度算法[J]. 中国电子科学研究院学报, 2010, 5(2): 213-216.