

LTE-A 中协作多点传输的分簇方案研究*

姜伟

(南京邮电大学, 江苏 南京 210003)

摘要: 协作多点传输 CoMP (Coordinated Multi-Point) 是 LTE-A 中提高传输速率和提高用户公平性的一种重要的方法。它可以分为联合传输 JP (Joint Processing) 和协作波形赋形与调度 CB/CS (Coordinated Beamforming/Scheduling)。研究了联合传输情况下的分簇场景, 分析了现有的分簇算法的问题, 在此基础上提出了一种改进的分簇方案。仿真结果表明, 相比于传统分簇方案, 该动态分簇方案提高了边缘用户传输速率与频谱的利用率。

关键词: 联合传输; 公平性; 动态分簇

中图分类号: TN92

文献标识码: A

文章编号: 1674-7720(2014)02-0055-02

Research of CoMP clustering scheme in LTE-A

Jiang Wei

(Nanjing University of Posts and Telecommunications, Nanjing 210003, China)

Abstract: Coordinated Multi-Point transmission/reception is a clear candidate to improve the transmission rate and user fairness in LTE-A, It can be divided into JP (Joint Processing) and CB/CS (Coordinated Beamforming/Scheduling). This article focus on the research of clustering scenario of JP, and analyzes the problems of existing clustering algorithm, then raised an improved clustering scheme on this basis. Simulation results show that, compared to traditional clustering solutions, dynamic clustering of this article improves the transmission rate of cell-edge users and spectrum efficiency.

Key words: joint processing; user fairness; dynamic clustering

CoMP 是一种能充分利用多基站、多用户和多天线资源提高小区平均吞吐量和小区边缘吞吐量, 以达到 IMT-A 系统对高频谱利用率的要求的一种技术。它主要包括两种方式——联合传输 JP 和协作波形赋形与调度 CB/CS。其中 JP 技术是通过将其他小区的干扰信号转化为本小区用户的有用信号, 通过提升用户的信噪比来保证解调性能的一种技术。

实际使用中, 协作的基站之间会通过 X2 链路交换用户的 CSI (Channel State Indicator)、预编码矩阵等。过大的协作簇的规模将带来过重的 X2 链路的负担与信令开销, 将超出协作的增益。因此寻找一个合适的协作簇的选择方式成为了 CoMP 中一个很重要的研究点。

目前存在两种广为接受的 CoMP 的协作场景, 如图 1 所示, 场景 1 是 eNB (基站) 内部的协作 (图 1(a))。场景 2 是由不同的 eNB (基站) 的扇区之间进行协作传输 (图 1(b)),

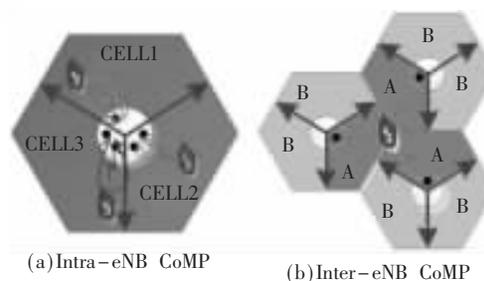


图 1 两种 CoMP 场景

假设所有 eNB 之间都能得到很好的同步, 并且有 X2 链路相连接。

在非 CoMP 的系统中, 对于与 UE 通信的扇区造成最强干扰的扇区是与其邻接的扇区。故为了降低系统的实现复杂度, 可以将地理上相邻接的扇区形成一个如场景 2 中 A 标识区域所示的协作簇。按照这种方式, 多个扇区能够被分为若干个规则的协作簇。

CoMP 系统的协作簇的构建最主要有两种形式——静态的形式和动态的形式。其中静态的协作簇^[1-2]的构

* 基金项目: 新一代宽带无线移动通信网国家科技重大专项项目 (2012ZX3001008-003)

网络与通信 Network and Communication

建中,参与协作的基站是在长时间内固定,无需复杂的信令开销,仅需低复杂度的控制就可以提升系统速率。但是它不能很好地适应无线信道的时变性和 MS(Mobile Station)的移动性,协作的效率不高。动态的协作簇^[3-4]的构建则可以让小区边缘的用户根据信号的质量,自适应地选择那些信号质量好的基站参与协作。但是这将带来很高的调度和预编码传输的复杂性。很多改进的方案是在小范围内形成协作簇^[5],但是这些方案没有提出如何解决动态分簇的资源分配的复杂度问题。

本文提出了一种低实现复杂度的静态分簇的改进方法,该方案同样解决了传统静态分簇的缺点。利用系统级仿真验证了模型在下行 FDD-CoMP 的情况下的性能增益。

1 协作簇的设计

传统的静态分簇的扇区模型存在缺点。图 1(b)中,3个相邻的、来自于不同 eNB 的扇区构成了一个协作簇,但是它的缺点也很明显。如图 2 所示,每个扇区中有一半的区域可以很好地面对另外两个扇区的方向天线,从而可以带来很好的分集增益,但是另一半的扇区就没有获得很好的信号强度,从而影响系统中用户的公平性,并且不利于取得更好的协作增益。

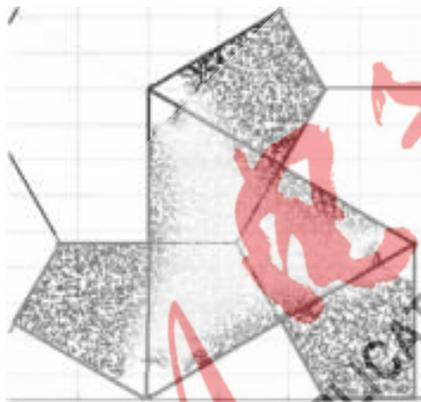


图 2 传统静态分簇及其缺点示意图

图 2 中只考虑了大尺度衰弱与天线增益,用灰度图表示协作簇中的信号的强度大小,由于处于中间三角形区域中的 MS 可以同时接收到 3 个扇区的方向天线的发射信号,称之为强信号区域。而剩下的 3 个“一半”的扇区只能接收到一个扇区的方向天线的信号,称之为弱信号区域。因此提出了一种改进方案:将传统的静态分簇算法中的簇拆分为信号强的部分与信号弱的部分,较弱信号区域形成一个新的协作的簇,如图 3 所示。

图 3 左图中的标识为 1 的传统协作簇(3 扇区),将此协作簇中的强信号区域形成一个新的较小的三角形的协作簇,即右图相同位置处竖线标识的 1 号三角形所示,并且将原来协作簇内的弱信号区域与邻近的协作簇的弱信号的区域形成一个新的三角形的协作簇(如右图中竖线标识的 2 号与 6 号三角形所示),这样原本的协作簇中的弱信号区域也得到了很好的性能改善。但是,由于阴影效应等影响,可能会出现某一 MS 与它当前所

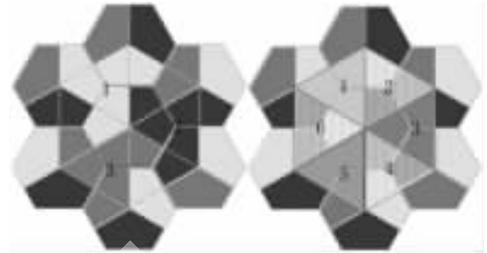


图 3 改进的分簇方案示意图

在的协作簇协作并不能得到很好的无线信道的情况,因此定义“簇选择因子”CSF(Cluster Choose Factor),计算这个参数,根据参数的值决定此时是否参加相邻的协作簇的协作,它定义为:

$$CSF_k^{M,N} = \frac{\sum_{i \in M} P_i \cdot Loss_{i,k}}{\sum_{j \in N} P_j \cdot Loss_{j,k}} \quad (1)$$

式中的 M, N 是两个协作簇, i, j 分别代表 M, N 簇内的某个扇区的天线, P_i 与 P_j 代表天线的发射功率, $Loss_{i,k}$ 与 $Loss_{j,k}$ 代表第 k 个用户到天线 i 与天线 j 的衰弱 dB 值,包含路径损耗和阴影效应两个部分。分子分母分别代表和 M, N 协作簇协作时的平均接收信号的损耗的大小,若 $CSF_k^{M,N}$ 大于 1,则代表协作簇 M 带来的损耗大于协作簇 N 的损耗,则将用户 k 加入协作簇 N ,否则用户 k 加入协作簇 M 。由于无线资源的有限性,原本处于强信号区域的用户的性能将得到降低,这样一来,本算法就提高了无线资源的利用率和用户的公平性。

2 仿真参数和仿真结果

依照图 1(b)的模型,并且假设 MS 随机均匀分布,对文中提出的动态分簇的算法进行系统级仿真,验证其性能。性能指标采用用户平均传输速率和边缘用户速率,积累概率分布(CDF)为 5% 时对应的用户吞吐率为典型的边缘用户的性能,从图 4 中可以看出对于边缘用户,文中提出的算法相比静态的分簇方法有 23.2% 的性能提升,平均传输速率相较于静态分簇的方法有着 6.8% 的性能提升。

本文分析了传统的静态分簇与动态分簇的缺点,并

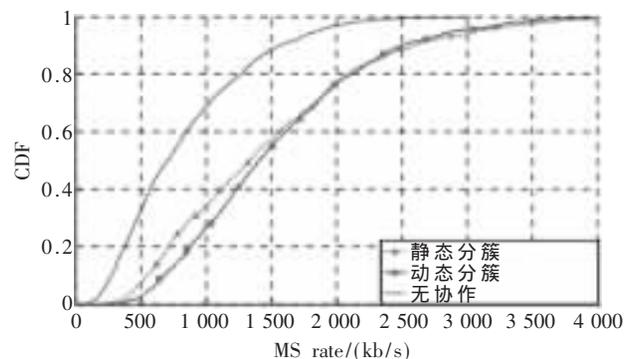


图 4 3 种方案的传输速率的卷积分布函数(CDF)曲线

在此基础上提出了一种低复杂度的动态分簇方案,引入了CSF参数来提高小区边缘用户的吞吐量。仿真结果证明,该方案可以显著地提高用户间的公平性与整个系统的平均传输速率,但是与这套分簇方案相配套的资源分配算法有待在后续研究中优化。

参考文献

- [1] BOCCARDI F, HUANG H. Limited downlink network coordination in cellular networks[C]. PIMRC 2007. IEEE 18th International Symposium on. IEEE, 2007.
- [2] VENKATESAN S. Coordinating base stations for greater uplink spectral efficiency in a cellular network[C]. PIMRC 2007. IEEE 18th International Symposium on. IEEE, 2007.
- [3] PAPADOGIANNIS A, GESBERT D, HARDOUIN E. A dynamic clustering approach in wireless networks with multi-cell cooperative processing[C]. ICC'08. IEEE International Conference on. IEEE, 2008.
- [4] KAMOUN M, MAZET L. Base-station selection in cooperative single frequency cellular network[C]. SPAWC 2007. IEEE 8th Workshop on. IEEE, 2007.
- [5] SUN H, ZHANG X, FANG W. Dynamic cell clustering design for realistic coordinated multipoint downlink transmission[C]. IEEE 22nd International Symposium on. IEEE, 2011.

(收稿日期: 2013-10-28)

作者简介:

姜伟,男,1989年生,硕士,主要研究方向:无线通信。

电子技术应用
APPLICATION OF ELECTRONIC TECHNIQUE
www.ChinaAET.com