

# 一种基于用户位置的设备到设备模式选择和资源分配方案

张正一<sup>1</sup>, 张道煦<sup>1</sup>, 罗汉文<sup>1,2</sup>

(1. 上海师范大学 信息与机电工程学院, 上海 200234;

2. 上海交通大学 电子信息与电气工程学院, 上海 200240)

**摘要:** 在蜂窝网络中通过复用蜂窝系统中已使用的频谱资源, 来增加蜂窝系统的频谱利用率, 减少基站的负载, 同时通过基于用户位置的设备到设备(D2D)模式选择和资源分配算法, 达到减少同频率之间的用户干扰, 降低用户的传输功率的目的. 仿真结果显示, 相比于传统的蜂窝通信和随机的资源分配模式, 基于用户位置的 D2D 模式选择和资源分配有效地提高了系统总容量, 减少了用户之间的干扰.

**关键词:** 模式选择; 端到端; 资源分配

**中图分类号:** TN 929.5   **文献标志码:** A   **文章编号:** 1000-5137(2016)02-0137-05

## 0 引言

近年来随着移动通信技术的飞速发展, 人们对于数据高速率传输的需求越来越大. 但是, 移动通信技术能够使用的频谱资源十分有限. 由于设备到设备(D2D)通信技术能够提升系统的频谱利用率, 减少发射功率的损耗, 从而提高蜂窝系统的通信速率, 因此得到了许多人的关注. 但是, D2D 通信对在蜂窝网络中复用频谱资源也存在一些问题. 比如复用蜂窝网络中的上行资源会对基站接收的信号造成干扰, 而复用下行资源会对传统蜂窝用户信号的接收造成干扰. 因此, 如何减少 D2D 用户对蜂窝通信的干扰成为了研究 D2D 通信的主要问题.

文献[1]介绍了如何减少 D2D 通信的过程中产生的干扰, 主要是通过控制信号发射功率和资源分配的方式来减少 D2D 对蜂窝用户产生的干扰. 文献[2]是通过减少发射功率的方法来达到控制 D2D 用户对蜂窝用户的干扰. 文献[3]是通过发射功率最优化的方法来达到控制 D2D 用户对蜂窝用户干扰. 文献[4]提出了一种干扰地区控制的方法, 从而降低用户之间复用频谱的干扰. 文献[5]提出了一种基于用户距离的资源分配模型来限制 D2D 用户所复用的资源, 文献[6]对此进行了更深入的研究, 从单小区频谱资源复用变为多小区频谱资源的复用.

## 1 系统模型

本文作者假设蜂窝系统中设备到设备之间的通信是可行的. 在蜂窝系统中基站将服务的区域分成了3个部分, 每个部分使用相同的频谱资源, 这个系统允许 D2D 用户对之间相互通信, 而且 D2D 用户对可以复用蜂窝用户的上行频带资源, 这就使得蜂窝系统中使用相同频率的 D2D 用户和蜂窝用户造成

收稿日期: 2016-03-03

通信作者: 罗汉文, 中国上海市闵行区东川路 800 号, 上海交通大学电子信息与电气工程学院, 邮编: 200240, E-mail: hwluo@sjtu.edu.cn

了相互干扰,从 D2D 通信用户(DU)来看,干扰来自蜂窝用户向基站发射的信号,而对于蜂窝用户来说干扰来自 DU 发射的信号. D2D 用户接收的信号可以表示为:

$$y_{\text{RX}}^{\text{DUE}} = h_{\text{D2D}} \sqrt{P_{\text{TX}}^{(D)} d_1^{-\gamma}} x_{\text{TX}}^{(D)} + \sum_{i=1}^N h_{\text{CD}}^{(i)} \sqrt{P_{\text{TX}}^{(i)} d_{2i}^{-\gamma}} x_{\text{TX}}^{(i)} + n_0. \quad (1)$$

$N$  表示每个区域临近的部分使用相同频率进行通信的用户数量(其中包括本区域使用相同频率的 D2D 用户数量),  $h_{\text{D2D}}$  表示 D2D 信道系数,  $h_{\text{CD}}^{(i)}$  表示传统的蜂窝通信中第  $i$  个信道的衰落系数.  $\gamma$  表示路径衰落指数,而  $n_0$  则是加性高斯白噪声.  $P_{\text{TX}}^{(D)}$  和  $x_{\text{TX}}^{(D)}$  分别表示 D2D 用户发射功率和发射的信号,而  $P_{\text{TX}}^{(k)}$  和  $x_{\text{TX}}^{(k)}$  则分别表示第  $k$  个蜂窝用户发射功率和所发射的信号. 同样地,蜂窝用户接收的信号可以表示为:

$$y_{\text{RX}}^{\text{CUE}} = h_{\text{CBS}}^{(k)} \sqrt{P_{\text{TX}}^{(k)} d_{4k}^{-\gamma}} x_{\text{TX}}^{(k)} + \sum_{i=1, i \neq k}^N h_{\text{CBS}}^{(i)} \sqrt{P_{\text{TX}}^{(i)} d_{4i}^{-\gamma}} x_{\text{TX}}^{(i)} + h_{\text{DBS}} \sqrt{P_{\text{TX}}^{(D)} d_3^{-\gamma}} x_{\text{TX}}^{(D)} + n_0. \quad (2)$$

其中  $h_{\text{CBS}}^{(i)}$  和  $h_{\text{DBS}}$  分别表示第  $i$  个蜂窝用户和 D2D 用户的信道系数,从式(1)和式(2)中可以得出 D2D 用户通信对的信噪比为:

$$\delta_{\text{DRX}} = \frac{|h_{\text{CBS}}^{(k)}|^2 P_{\text{TX}}^{(k)} d_4^{-\gamma}}{\sum_{i=1}^N |h_{\text{CD}}^{(i)}|^2 P_{\text{TX}}^{(i)} d_{2i}^{-\gamma} + N_0}. \quad (3)$$

蜂窝用户的信噪比为:

$$\delta_{\text{BS}}^k = \frac{h_{\text{CBS}}^k P_{\text{TX}}^k d_k^{-\gamma}}{\sum_{i=i \neq k}^N h_{\text{CBS}}^i P_{\text{TX}}^i d_i^{-\gamma} + h_{\text{DBS}} P_{\text{TX}}^D d^{-\gamma} + N_0}. \quad (4)$$

通过开环功率控制系统(OLPC)来控制 D2D 用户和蜂窝用户的发射功率,公式如下:

$$p_{\text{TX}} = \min(p_0 + \alpha \cdot PL(d), P_{\text{TX}}^{\text{max}}). \quad (5)$$

$p_0$  表示用户的发射功率,  $\alpha$  表示信号的衰落因子,  $PL(d)$  是 D2D 信道或者蜂窝信道的路径衰落,  $P_{\text{TX}}^{\text{max}}$  则是用户的最大传输功率.

在允许 D2D 通信的蜂窝系统中,用户传输的模式有如下两种选择:

- (1) 蜂窝通信模式:用户之间通过基站进行信号传输;
- (2) D2D 通信:用户之间的通信不经过基站,直接进行信号的传输.

D2D 用户在通信过程中也存在着一些局限,例如:D2D 通信对的信噪比可能比蜂窝通信的信噪比要低,因此如何选择用户的通信模式就变得至关重要. 本文作者提出了基于用户位置的模式选择和资源分配方案,这就需要一些本地位置服务(LBS)来提供用户所在的位置<sup>[7]</sup>,例如用户可以通过卫星定位的方式获取所在的位置并传输给基站.

## 2 基于用户位置的 D2D 模式选择和资源分配

### 2.1 传输模型选择

D2D 通信中基于位置的模式选择是从 D2D 通信到蜂窝通信直接切换的. 模式选择的过程是通过蜂窝网络,然后由基站决定用户要选择的模式. 用户模式选择的标准是由用户的传输功率决定的. 然而,用户直接通信的模式仍然给蜂窝网络中的用户带来了好处,例如:减少了蜂窝系统的负载. 模式选择算法的提出基于用户的位置,该算法的好处还在于基站不需要知道用户通信信道的状态信息,即可决定模式的选择. 基站必须要知道用户的位置,这就需要基站接收到基于用户位置的信息,比如 GPS 中获得用户的位置.

如图1所示,用户位置的信息是用来估计用户与基站之间的距离的,而距离在很大程度上影响着路径衰落和用户的发射功率,基于位置和距离的模式选择如下:

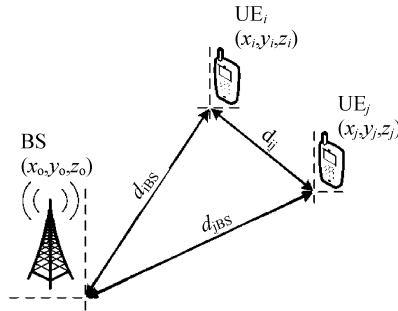


图1 蜂窝通信中用户位置示意图

$$d_{ij} < d_{D2D_{max}}, d_{ij} < d_{iBS}, d_{ij} < d_{jBS}. \tag{6}$$

D2D 用户之间的通信距离是任意调整的,而且它受用户最大传输功率的制约,如果满足(6)的条件,那么 D2D 通信是可行的,而且基站可以找到最佳的资源来进行频谱复用.

### 2.2 资源分配的调度

基于位置的资源分配方案根据用户的位置信息来估计信道传输的距离,资源分配中最佳候选用户的选择是基于距离的最大化来进行选择的,假设干扰最主要的途径是路径损耗,且随着信道距离的增加可使干扰减小.认为系统中每个部分的 D2D 用户 (DUE) 复用的资源仍会对其他相邻部分的 DUE 造成干扰,假设蜂窝系统中只有上行资源可以被复用,通过如下算法(图2)可以选出为 DUE 复用资源的最佳候选用户:

```

d2d_pair = D2D 通信用户
DUE1_sel = 与 DUE1 分享资源的一系列候选用户
DUE2_sel = 与 DUE2 分享资源的一系列候选用户
For each 基站中受到 d2d_pair 干扰的第 i 个部分
  For each d2d_pair 中的 D2D 用户
    SC_DUEK = 由被分享的资源创造的一个候选用户的有序列表,根据候选用户与当前 D2D 用户接收者的距离,对 d2i 用户的最大距离进行排序,其中 d2i > d_RXBSi
  If SC_DUE1 ≠ ∅ 而且 SC_DUE2 ≠ ∅
    寻找受到干扰的 SC_DUE1 和 SC_DUE2 序列
  If 干扰存在
    从每个 list 中找到没有受到干扰的资源,将 SC_DUE1(0) 加入到 DUE1_sel 的列表中,将 SC_DUE2(0) 加入到 DUE2_sel 的列表中
Else
  候选用户选择失败
    
```

图2 基于用户位置的资源分配选择算法

这个简单的资源分配算法的好处就是蜂窝系统只需要了解用户的位置信息而不需要了解 D2D 通信中信道状态的信息,而且这种集中式的控制方法给了 D2D 线路更多的选择.

## 3 仿真与结果

本次仿真使用了基于位置的资源分配方案和蜂窝系统中随机的资源分配方案.除此之外,还增加了蜂窝系统中不使用 D2D 通信的情况来对比.从图3中的累计分布函数曲线可以看出,相比于传统的蜂

窝通信模式,基于位置的资源分配模式与随机分配资源复用的模式有效地减少了用户的传输功率.由图4中用户信道干扰和累计分布函数曲线中可以看出,相比于系统中随机资源分配的算法,使用基于位置的资源分配方法在一定的范围内可以减小用户之间的干扰.但随着干扰信号的增加,引入基于位置的资源分配算法并不能减少系统中来自DU的干扰.

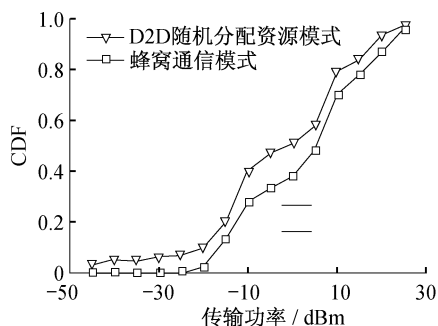


图3 D2D通信与蜂窝通信累计分布函数

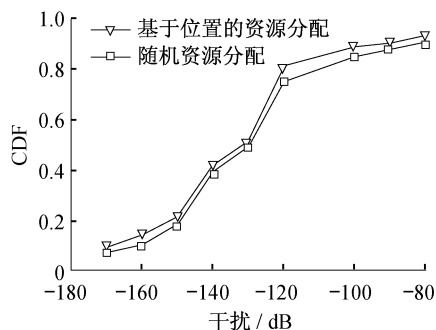


图4 基于位置分配与随机分配累计分布函数

## 4 结论

本文作者给出了在蜂窝网络中用户基于位置的模式选择和资源分配方案.首先,基于距离的模式选择取决于用户最小的信号发射功率.然后,干扰管理模式的提出在于利用基于位置的资源分配来复用蜂窝系统的上行资源,并减少D2D用户之间的干扰.最后,仿真的结果表明利用所提出的基于用户位置选择模式的方法,来复用蜂窝用户的上行资源可以在对蜂窝用户干扰很小的情况下带来传输功率的减小和频谱利用率的提升.但是由于资源分配的方案是基于用户位置的,即需要用户向基站传输基站中用户的位置信息,因此在蜂窝网络中也占用了一定的带宽,如何有效地减少用户位置信息传输所占用的带宽也是一个值得研究的问题.

## 参考文献:

- [1] Janis P, Doppler K, Ribeiro C, et al. Device-to-device communication underlying cellular communications systems [J]. IEEE ICCT, 2013, 11: 131 - 135.
- [2] Yu C H, Doppler K, Ribeiro C. The performance of device-to-device underlay communication with simple power control [J]. IEEE Vehicular Technology Conference, 2009, 8: 1 - 5.
- [3] Yu C H, Doppler K. Power optimization of device-to-device communication underlying cellular communication systems [J]. IEEE International Conference on Communications, 2015, 10: 1 - 6.
- [4] Gu J, Bae S, Choi B. Dynamic Power Control Mechanism for Interference Coordination of Device-to-Device Communication in Cellular Networks [J]. IEEE (ICUFN), 2011, 6: 71 - 75.
- [5] Wang H, Chu X. Distance-constrained resource-sharing criteria for device-to-device communications underlying cellular networks [J]. IEEE Electronics Letters, 2012, 4: 528 - 530.
- [6] Janis P, Doppler K, Hugl K. Interference-aware resource allocation for device-to-device radio underlying cellular networks [J]. IEEE Vehicular Technology Conference, 2009, 4: 1 - 5.
- [7] Zulhasnine M, Huang C, Srinivasan A. Efficient resource allocation for device-to-device communication underlying LTE

network [J]. IEEE WiMob,2010,10: 368 – 375.

## **A scheme with location-based mode selection and resource allocation in Device-to-Device communication work**

ZHANG Zhengyi<sup>1</sup>, ZHANG Daoxu<sup>1</sup>, LUO Hanwen<sup>1,2</sup>

(1. College of Information, Mechanical and Electrical Engineering, Shanghai Normal University, Shanghai 200234, China;

2. School of Electronic and Electrical Information Engineering, Shanghai Jiao Tong University, Shanghai 200240, China)

**Abstract:** By reusing the the spectrum in cellular network that has been used to increase the spectrum utilization ,reduce the base station load,and at the same time by using the location-based D2D mode selection and resource allocation algorithm,to reduce same frequency interference between the users and reduce transmission power from users. The simulation results show that , compared with the traditional communication in cellular network and resource allocation with random model,the location-based D2D mode selection and resource allocation can improve the capacity of system,and reduce the interference between the users.

**Key words:** D2D; resource allocation; mode selection

(责任编辑:包震宇)