文章编号：1000-8608(2016)02-0170-06

一种基于干扰对齐的用户选择与功率优化算法

唐 礼，赵 楠，殷洪玺*

（大连理工大学 信息与通信工程学院，辽宁 大连 116024）

摘要： 在实际的认知无线电网络中，用户随机分布，各个用户间距离不相等，非授权用户较多，授权用户未被利用频谱资源有限，针对上述情况提出了一种基于干扰对齐的用户选择与功率优化算法. 根据各个用户的位置关系，选出离授权用户较远的一组非授权用户进行通信，离授权用户较近的一组用户在该时隙静止，当非授权用户满足授权用户的干扰温度约束条件时，该算法通过对通信的非授权用户进行功率优化分配，提升系统的总容量. 仿真分析表明，该算法能够在保证授权用户性能的同时，选出离授权用户较远的一组非授权用户进行通信，优化频谱效率.

关键词： 干扰对齐；用户选择；干扰温度；功率优化分配

中图分类号： TN929.5 **文献标识码：** A **doi：** 10.7511/dllgxb201602009

0 引 言

随着无线频谱资源越来越紧张，绿色通信得到了人们广泛的关注[1]. 为了提高无线频谱资源的利用率，一种在授权用户(primary user，PU)传输性能不被干扰的情况下，非授权用户(secondary user，SU)寻找机会接入 PU 频谱进行通信的认知无线电(cognitive radio，CR)技术[2]被提出，该方法在一定程度上提高了频谱的利用率.

但在频谱共享中用户间必然会带来一定的干扰，影响了系统的整体吞吐量，于是如何解决干扰问题成为了无线通信中主要问题. 干扰对齐(interference alignment，IA)技术在解决干扰问题上有很好的表现[3]，以往很多文献对 IA 技术都有过深入研究. IA 主要通过预编码技术使干扰信号与期望信号在接收端分离，以便消除其他发射机所造成的干扰. 基于无线网络中信道存在互逆性，文献[4]采取了一种分布式迭代 IA 算法，只要了解各个节点当地的具体信息，就能通过所提算法进行求解. 文献[5]分析了在信噪比较低的情况下，为什么接收的信噪比会下降，继而提出了如何选择合适天线策略的 IA 算法来提升传输速率. 考虑在实际的网络中用户位置是随机分布的，文献[6]提出了一个基于路径衰减的非对称 IA 网络模型，并给出了一种在非对称多用户网络中拓扑管理策略来提高频谱效率. 但上述提到的这些研究文献[4-6]都是采用基于 IA 无线网络的等功率分配算法，忽略了利用功率分配(power allocation，PA)来提高低信噪比下系统传输速率的可行性. 在实际的 CR 网络中，SU 数目较多，但 PU 未被利用的频谱资源非常有限，并且用户间往往是随机分布的，在 CR 网络中应充分保证 PU 的通信不受干扰，离 PU 近的用户如果通信必然对 PU 造成很大的干扰，影响 PU 的传输性能.

考虑所存在的问题，本文在 IA 基础上提出一种用户选择与功率优化算法. 该算法根据各个用户的位置分布，选出离 PU 较远的一组 SU 进行 IA 通信，并且在保证 PU 干扰门限的前提下优化系统的传输速率.

1 系统模型

在一个区域范围内随机分布 1 个 PU 和 K 个 SU，如图 1 所示. 与以往的模型不同，本文中所有用户的发射机与接收机随机分布在一个区域范

收稿日期： 2015-07-17； **修回日期：** 2015-09-16.
基金项目： 国家自然科学基金资助项目(61201224)；中国博士后科学基金特别资助项目(2013T60282).
作者简介： 唐 礼(1987-)，男，硕士生，E-mail：tangli168@mail.dlut.edu.cn；殷洪玺*(1959-)，男，教授，博士生导师，E-mail：hxyin@dlut.edu.cn.

围内，任何两个用户间的距离都不相等($r>1$)，将发射机 j 与接收机 i 之间的大尺度衰落考虑进来，即 $\rho^{[ij]}=(r^{[ij]})^{-\alpha}$($\alpha$ 为路径衰落因子)，它的大小由发射机 j 到接收机 i 间的距离所决定，通过各个 SU 的位置分布，相对 PU 越近的 SU 如果进行通信对 PU 的干扰越大，所以选出离 PU 较远的 S 个 SU 进行 IA 通信，离 PU 较近的一组 SU 在该时隙处于静止状态.

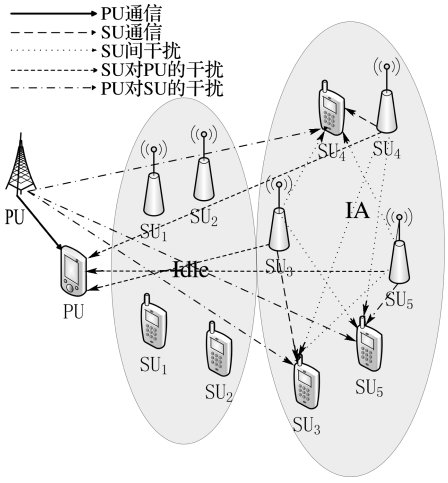

图 1　在一个区域范围内随机分布 1 个 PU 和 K 个 SU

Fig. 1　1 PU and K SUs randomly located in a certain area

1.1　基于 IA 的认知无线网络

将选出的离 PU 较远的一组用户 S(如图 1 所示)组成 IA 网络在每一时隙进行通信，$S<K$，假设完美的 CSI 在每一组发射机和接收机中都可行，每一个用户发射机配备 $M^{[k]}$ 根天线，接收机配备 $N^{[k]}$ 根天线，如果将线性 IA 用于用户间消除干扰，经过干扰抑制矩阵与预编码矩阵[4]来去除干扰. 假设各个发射机到它的期望接收机的距离为 1 km，第 k 个接收机接收的信号通过 IA 算法处理后的表达式为[7]

$$\boldsymbol{Y}^{[k]}(n)=\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}(n)\boldsymbol{H}^{[kk]}(n)\boldsymbol{V}^{[k]}(n)\boldsymbol{x}^{[k]}(n)+\sum_{j=1,j\neq k}^{K}\sqrt{\rho^{[kj]}}\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}(n)\boldsymbol{H}^{[kj]}(n)\times\boldsymbol{V}^{[j]}(n)\boldsymbol{x}^{[j]}(n)+\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}(n)\boldsymbol{z}^{[k]}(n) \quad (1)$$

式中：在时刻 n 时发射机 j 和接收机 k 之间的信道系数矩阵用 $\boldsymbol{H}^{[kj]}(n)$ 表示，$\boldsymbol{X}$ 的共轭转置矩阵用 $\boldsymbol{X}^{\dagger}$ 表示，第 k 个用户的预编码矩阵用 $\boldsymbol{V}^{[k]}(n)$ 表示，干扰抑制矩阵用 $\boldsymbol{U}^{[k]}(n)$ 表示，发射机 k 发射的信号矢量用 $\boldsymbol{x}^{[k]}(n)$ 表示，$\boldsymbol{z}^{[k]}(n)$ 为第 k 个接收机处的加性高斯白噪声. $\boldsymbol{Z}^{[k]}(n)=\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}(n)\cdot\boldsymbol{z}^{[k]}(n)$，其均值为 0，方差为 1. 发射机 k 的传输功率用 $P_{\mathrm{t}}^{[k]}$ 来表示，且满足

$$E[\|\boldsymbol{X}^{[k]}\|^2]=P_{\mathrm{t}}^{[k]}$$

当 IA 可行时[8]，全部干扰被映射到同一子空间，约束条件应满足[4]

$$\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}\boldsymbol{H}^{[kl]}\boldsymbol{V}^{[l]}=\boldsymbol{0}_{d^{[k]}\times d^{[l]}};\ \forall\, l\neq k \quad (2)$$

$$\mathrm{rank}\,(\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}\boldsymbol{H}^{[kk]}\boldsymbol{V}^{[k]})=d_k;\ \forall\, k\in K \quad (3)$$

其中矩阵 $\boldsymbol{X}$ 的秩用 rank($\boldsymbol{X}$)表示.

如果符合上述限制条件，可以认为干扰彻底消除，式(1)可以改写为

$$\boldsymbol{Y}^{[k]}(n)=\boldsymbol{U}^{[k]\dagger}(n)\boldsymbol{H}^{[kk]}(n)\boldsymbol{V}^{[k]}(n)\boldsymbol{X}^{[k]}(n)+\boldsymbol{Z}^{[k]}(n) \quad (4)$$

关于 IA 网络中预编码矩阵 $\boldsymbol{V}$ 的闭式解往往很难得到，特别在基于 IA 的无线网络中用户数大于 3 时，为了获得基于多用户的 IA 网络中的解决方法，一些基于信道互逆性的分布式迭代算法被提出，包括 MinIL 和 Max-SINR 算法[4]，在本文中，主要应用 MinIL 算法来解决 IA 问题.

1.2　干扰温度

干扰温度表征 PU 接收机的背景噪声与 SU 在接入 PU 频谱时对 PU 造成的干扰和，它保证了 PU 的正常运行. 在频谱共享时，PU 将会受到通信的 SU 干扰影响，如果积累的干扰超过了约束条件，PU 的传输性能就会受到影响，性能没法得到保障；反之，能够保障 SU 与 PU 共享同一频谱进行工作，优化频谱的使用效率.

在传统的下垫式频谱共享机制中，若 $K-1$ 个 SU 与 1 个 PU 共享频谱，则 PU 接收端接收的总干扰功率必须遵循[9]

$$P_{\mathrm{inf}}+P_{\mathrm{no}}\leqslant P_{\mathrm{th}}=K_{\mathrm{B}}T_{\mathrm{h}}B \quad (5)$$

式中：P_{inf} 为 SU 对 PU 的干扰功率，P_{no} 为 PU 接收端的背景噪声功率，P_{th} 为干扰温度功率门限，K_{B} 为玻尔兹曼常数，T_{h} 为干扰温度，B 为接收机的带宽.

因为在本文中主要关注的是 SU 的功率优化分配问题而不是自由度，所以假设每个用户都只有 1 个数据流传输，最后的结论也能很好地扩展到多个数据流.

2　基于 IA 的功率分配算法

在以往的工作中，只有很少一些文献注重基

于IA的功率优化问题来提高系统的传输速率和保证每个用户的通信质量，本文主要研究在IA基础上的功率优化算法，提出了基于MinIL的功率分配算法.

2.1 基于MinIL的功率优化分配算法

如果将相等的功率分配给每个用户，那么它将隐藏基于IA网络在低信噪比下的频谱利用率，所以在考虑PU的干扰温度的前提下，每个SU所分配的功率应满足

$$\sum_{k=1}^{K} P_{\mathrm{t}}^{[k]} \left\| \boldsymbol{U}^{[0]\dagger} \boldsymbol{H}^{[0k]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right\|_2^2 + \delta^2 \leqslant P_{\mathrm{th}} \tag{6}$$

式中：$P_{\mathrm{t}}^{[k]}$ 表示每个SU所分配的功率，δ^2 为PU接收端的背景噪声，$\left\| \boldsymbol{U}^{[0]\dagger} \boldsymbol{H}^{[0k]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right\|_2$ 为SU对PU的干扰因子，P_{th} 为PU的干扰门限功率. 进行IA通信的SU总的传输速率为

$$R_p = \sum_{k=1}^{K} \log 2 \left(1 + \frac{\left| \boldsymbol{u}^{[k]\dagger} \boldsymbol{H}^{[kk]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right|^2 P_{\mathrm{t}}^{[k]}}{\sum\limits_{j=1, j\neq k}^{K} \sqrt{\rho^{[kj]}} \left| \boldsymbol{u}^{[k]\dagger} \boldsymbol{H}^{[kj]} \boldsymbol{v}^{[j]} \right|^2 P_{\mathrm{t}}^{[j]} + \delta^2} \right) \tag{7}$$

其中 $\boldsymbol{v}^{[k]}$ 和 $\boldsymbol{u}^{[k]}$ 是第 k 个用户的归一化译码矢量和归一化预编码矢量，每一个 $P_{\mathrm{t}}^{[k]}$ 都是大于0的.

通过对SU进行功率优化分配，可以科学地控制IA网络，提高IA网络总的频谱效率. 根据接收端期望信号信噪比的表达式，设定网络总的频谱效率为功率分配目标函数的功率优化分配问题可以表述为

$$\max_{P_{\mathrm{t}}^{[1]}, P_{\mathrm{t}}^{[2]}, \cdots, P_{\mathrm{t}}^{[k]}} \sum_{k=1}^{K} \log 2 \times \left(1 + \frac{\left| \boldsymbol{u}^{[k]\dagger} \boldsymbol{H}^{[kk]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right|^2 P_{\mathrm{t}}^{[k]}}{\sum\limits_{j=1, j\neq k}^{K} \sqrt{\rho^{[kj]}} \left| \boldsymbol{u}^{[k]\dagger} \boldsymbol{H}^{[kj]} \boldsymbol{v}^{[j]} \right|^2 P_{\mathrm{t}}^{[j]} + \delta^2} \right)$$

$$\text{s.t.}\ \ P_{\mathrm{t}}^{[k]} \geqslant 0;\ \forall k = 1, 2, \cdots, K$$

$$\sum_{k=1}^{K} P_{\mathrm{t}}^{[k]} \left\| \boldsymbol{U}^{[0]\dagger} \boldsymbol{H}^{[0k]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right\|_2^2 + \delta^2 \leqslant P_{\mathrm{th}} \tag{8}$$

式(8)如果要求最优解是比较困难的，因为存在用户间的相互干扰，但在MinIL算法中，用户间的相互干扰可以完全消除，所以式(8)的优化问题可以通过定理1来解决.

定理1 在一个基于IA的无线网络中有 K 个用户，每个用户只有1个数据传输流，如果用户间的干扰可以完全被消除，那么频谱优化的功率分配算法可以认为是第 k 个用户的噪声为 $\delta^2/|h_k|^2$ 的注水功率分配[10]，其中 $|h_k|^2 = |\boldsymbol{u}^{[k]\dagger} \boldsymbol{H}^{[kk]} \boldsymbol{v}^{[k]}|^2$，并且它服从指数分布.

证明 假设SU间的干扰可以通过IA技术完全被消除，那么式(8)可以简化为

$$\max_{P_{\mathrm{t}}^{[1]}, P_{\mathrm{t}}^{[2]}, \cdots, P_{\mathrm{t}}^{[k]}} \sum_{k=1}^{K} \log 2 \left(1 + \frac{|h_k|^2 P_{\mathrm{t}}^{[k]}}{\delta^2} \right)$$

$$\text{s.t.}\ \ P_{\mathrm{t}}^{[k]} \geqslant 0;\ \forall k = 1, 2, \cdots, K$$

$$\sum_{k=1}^{K} P_{\mathrm{t}}^{[k]} \left\| \boldsymbol{U}^{[0]\dagger} \boldsymbol{H}^{[0k]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right\|_2^2 + \delta^2 \leqslant P_{\mathrm{th}} \tag{9}$$

为了求解该问题，令

$$\alpha^{[k]} = \left\| \boldsymbol{U}^{[0]\dagger} \boldsymbol{H}^{[0k]} \boldsymbol{v}^{[k]} \right\|_2^2 \tag{10}$$

首先对所求式子构建拉格朗日函数：

$$L = \sum_{k=1}^{K} \log 2 \left(1 + \frac{|h_k|^2 P_{\mathrm{t}}^{[k]}}{\delta^2} \right) - \lambda \left(\sum_{k=1}^{K} P_{\mathrm{t}}^{[k]} \alpha^{[k]} + \delta^2 - P_{\mathrm{th}} \right) \tag{11}$$

再对 $P_{\mathrm{t}}^{[k]}$ 求偏导得

$$\frac{\partial L}{\partial P_{\mathrm{t}}^{[k]}} = \frac{|h_k|^2/\delta^2}{\ln 2 (1 + |h_k|^2 P_{\mathrm{t}}^{[k]}/\delta^2)} - \lambda \alpha^{[k]} = 0 \tag{12}$$

从而求得

$$P_{\mathrm{t}}^{[k]} = \frac{1}{\lambda \alpha^{[k]} \ln 2} - \frac{\delta^2}{|h_k|^2} \tag{13}$$

$P_{\mathrm{t}}^{[k]}$ 不能为负，所以最优解为

$$P_{\mathrm{t}}^{[k]} = \max \left(\frac{1}{\lambda \alpha^{[k]} \ln 2} - \frac{\delta^2}{|h_k|^2}, 0 \right) \tag{14}$$

其中 λ 为经典算法中求得的拉格朗日因子，其值大于0，由于 $\alpha^{[k]} \ln 2$ 是常数，可令

$$\nu = \frac{1}{\lambda \alpha^{[k]} \ln 2} \tag{15}$$

ν 就是需要寻找的注水线，因此可将式(14)改写为

$$P_{\text{t-opt}}^{[k]} = \left(\nu - \frac{\delta^2}{|h_k|^2} \right)^+ \tag{16}$$

并且 ν 必须满足

$$\sum_{k=1}^{K} \left(\frac{1}{\lambda \alpha^{[k]} \ln 2} - \frac{\delta^2}{|h_k|^2} \right)^+ \alpha^{[k]} = P_{\mathrm{th}} - \delta^2 \tag{17}$$

其中 $P_{\text{t-opt}}^{[k]}$ 是分给第 k 个SU的最优功率，为了方便计算，令

$$\hat{P}_{\text{t-opt}}^{[k]} = P_{\text{t-opt}}^{[k]} \alpha^{[k]} \tag{18}$$

则

$$\hat{P}_{\text{t-opt}}^{[k]} = \left(\frac{1}{\lambda \ln 2} - \frac{\delta^2 \alpha^{[k]}}{|h_k|^2} \right)^+ \tag{19}$$

且满足

$$\sum_{k=1}^{K} \hat{P}_{\text{t-opt}}^{[k]} = P_{\mathrm{th}} - \delta^2 \tag{20}$$

□

在求解注水线 ν 时，首先对 ν 初始化，即

$$\nu = \frac{1}{S} \left(P_{\mathrm{th}} - \delta^2 + \sum_{k=1}^{S} \frac{\delta^2 \alpha^{[k]}}{|h_k|^2} \right) \tag{21}$$

如果 $P_t^{[k]}<0$，则将 $P_t^{[k]}$ 置零，并且当 SU 对 PU 总的干扰功率超过 PU 的干扰温度门限时，通过式(22)对注水线 ν 进行调整，直到所有的 $P_t^{[k]}$ 分配的功率都满足要求.

$$\nu=\nu+\frac{1}{S}\left(P_{\text{th}}-\sum_{k=1}^{K}\hat{P}_t^{[k]}+\delta^2\right) \tag{22}$$

在实际的网络中，通过 MinIL IA 算法不能完全消除用户间的干扰，但残余的干扰是不重要的，不会明显影响采用功率分配后频谱的效率，因此采用 MinIL IA 算法后，解决功率分配优化问题可以简化为式(16)，并且可以通过定理 1 求出最优解.

2.2　基于 IA 的用户选择与功率优化算法流程

基于 IA 的用户选择与功率优化算法流程图如图 2 所示.

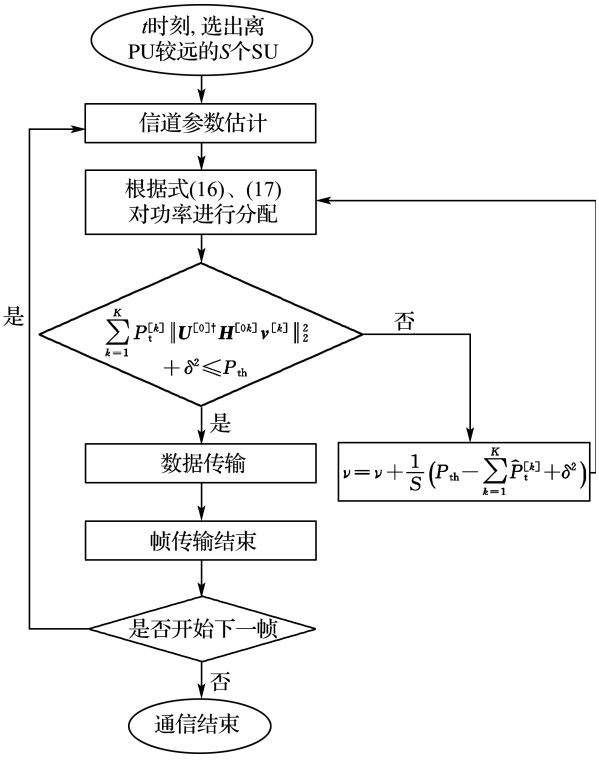

图 2　基于 IA 的用户选择与功率优化算法流程图

Fig. 2　User selection and power optimization algorithm flow chart based on IA

首先根据各个用户位置分布，通过各个 SU 离 PU 的距离，选出距离 PU 较远的 S 个 SU 进行 IA 通信，离 PU 较近的 $K-S$ 个 SU 则在当前时刻处于静止状态. 当通信开始时，在每一帧开始对信道参数进行估计，计算出每个用户的预编码和译码矢量 $\boldsymbol{u}^{[k]}$ 和 $\boldsymbol{v}^{[k]}$；通过式(16)、(17)对功率进行分配，在功率分配过程中可能出现 $P_t^{[k]}<0$，通过置零迭代法来更正，将 $P_t^{[k]}$ 为负的归零，将余下用户所得到的功率按式(16)再次分配，直到所有 $P_t^{[k]}$ 不小于 0. 如果进行通信的 SU 对 PU 造成的干扰超过 PU 的干扰温度限制条件，通过式(22)调整注水线，当所有 SU 满足 PU 的干扰温度约束条件时，计算功率优化分配后系统的总的传输速率. 最后对是否继续下一帧通信进行询问，如果是，继续，否则退出循环，结束通信.

3　仿真结果与分析

为了检验所提出算法的可行性，对提出的算法进行了仿真分析. 仿真参数如下：假设在 CR 网络中一共有 6 个用户，其中包括 1 个 PU 和 5 个 SU，每个用户的收发机都配备 $M=N=2$ 根天线，信道服从瑞利衰落，衰落因子 $\alpha=3$，每个用户收发机间的数据传输流为 1，每个节点都是完美的 CSI 信道.

首先对一个 10 km×10 km 小区范围内随机分布 1 个 PU 和 5 个 SU 的网络进行拓扑分析，如图 3 所示，假设各个用户的发射机到它的期望接收机距离为 1 km.

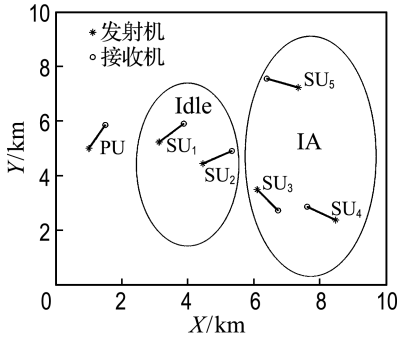

图 3　随机分布 1 个 PU 和 5 个 SU 的 10 km×10 km 小区

Fig. 3　1 PU and 5 SUs randomly located in a 10 km×10 km area

通过对各个用户的位置分析，选出离 PU 较远的 SU_3、SU_4、SU_5 进行 IA 通信，离 PU 较近的 SU_1、SU_2 则在这个时隙静止.

接着对进行 IA 通信的 SU_3、SU_4、SU_5 进行功率分配，分别对采用优化功率分配和等功率分配时通信的 3 个 SU 总的传输速率进行对比，P_{th} 设为 2 MW，结果如图 4 所示.

从图 4 中可以看出，在保证 PU 传输质量的

情况下，优化功率分配在低信噪比下相对于等功率分配能够提高 IA 网络中总的传输速率. 在高信噪比时，由于噪声可忽略，分配给每个用户的功率和等功率分配的功率几乎相等，所以总的传输速率趋于相同.

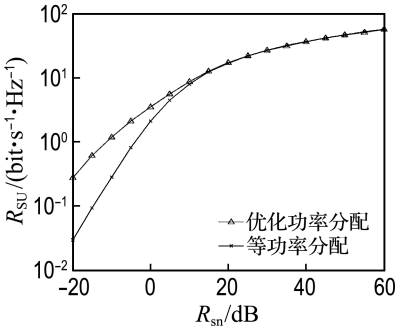

图 4 优化功率分配和等功率分配时 SU 总传输速率对比

Fig. 4 The comparison of the SUs total transmission rate between optimal PA and equal PA

然后对在不同 P_{th} 下 PU 与 SU_3 同时通信时的传输速率进行仿真，P_{th} 分别设为 2、5、10 MW，仿真结果如图 5、6 所示.

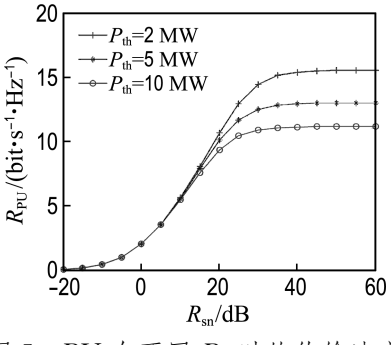

图 5 PU 在不同 P_{th} 时的传输速率

Fig. 5 The transmission rate of the PU with different P_{th}

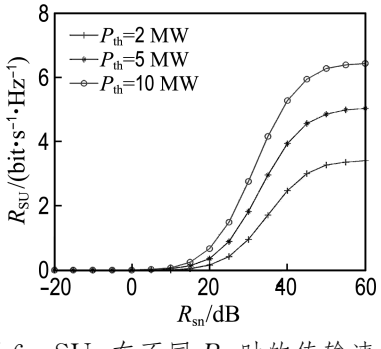

图 6 SU_3 在不同 P_{th} 时的传输速率

Fig. 6 The transmission rate of the SU_3 with different P_{th}

在图 5、6 中，当 P_{th} 给定时，PU 和 SU_3 的速率都随信噪比的增加而增加，在系统给定信噪比时，PU 传输速率随 P_{th} 的增加而减小，SU_3 传输速率随 P_{th} 的增加而增加，当 SU_3 对 PU 产生的干扰将要达到干扰温度门限时，系统总的传输速率由于干扰温度的约束趋于平稳.

最后，分别对选用户和未选用户后采用优化功率分配和等功率分配时 SU 总的传输速率进行对比，仿真结果如图 7 所示.

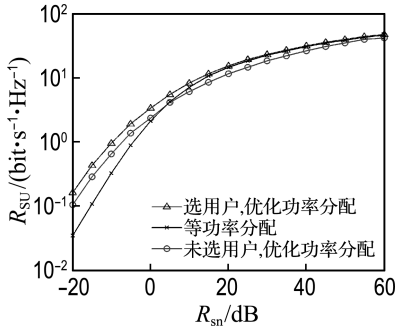

图 7 传输速率对比

Fig. 7 The comparison of transmission rate

在图 7 中，采用优化功率分配后在低信噪比情况下，系统传输速率要高于等功率分配时系统传输速率，并且选用户后系统传输速率最好. 在高信噪比时，由于噪声很小，选用户后采用优化功率分配与等功率分配时速率几乎相等，但未选用户时可能存在 SU 离 PU 太近的情况，对 PU 的干扰因子很大，由于 PU 干扰温度的限制，它的传输速率最小.

4 结 语

本文针对实际的网络中，PU 频谱资源非常有限，SU 数目较多，用户随机分布问题，提出了基于 IA 的用户选择与功率优化算法. 该算法通过各个用户的位置关系，选出离 PU 较远的一组 SU 进行 IA 通信，并通过优化功率分配算法，获取每一个 SU 所分配的优化功率. 通过数学推导方式证明了该算法的有效性，仿真结果也表明该算法能够有效选出较远的一组 SU 进行 IA 通信，并在满足 PU 给定的干扰温度限制条件下，优化分配给每个 SU 的功率，有效提高了在中低信噪比下频谱的利用率和系统网络的吞吐量.

参考文献：

[1] Mitola Ⅲ J, Maguire Jr G Q. Cognitive radio:

making software radios more personal [J]. **IEEE Personal Communications**, 1999, **6**(4):13-18.

[2] Goldsmith A, Jafar S A, Maric I, *et al*. Breaking spectrum gridlock with cognitive radios: An information theoretic perspective [J]. **Proceedings of the IEEE**, 2009, **97**(5):894-914.

[3] Cadambe V R, Jafar S A. Interference alignment and the degrees of freedom of the K-user interference channel [J]. **IEEE Transactions on Information Theory**, 2008, **54**(8):3425-3441.

[4] Gomadam K, Cadambe V R, Jafar S A. A distributed numerical approach to interference alignment and applications to wireless interference networks [J]. **IEEE Transactions on Information Theory**, 2011, **57**(6):3309-3322

[5] Zhao N, Yu F R, Sun H, *et al*. A novel interference alignment scheme based on sequential antenna switching in wireless networks [J]. **IEEE Transactions on Wireless Communications**, 2013, **12**(10):5008-5021

[6] Zhang X, Yu F R, He Y, *et al*. Spectrum-efficient topology management of asymmetric interference alignment networks [C] // **2014 IEEE/CIC International Conference on Communications in China, ICCC 2014**. Piscataway: IEEE, 2015: 627-631.

[7] 李　记，赵　楠，殷洪玺. 基于干扰对齐的自适应频谱共享算法[J]. 哈尔滨工程大学学报，2014，**35**(10):1253-1259.
LI Ji, ZHAO Nan, YIN Hong-xi. Adaptive spectrum sharing algorithm based on interference alignment [J]. **Journal of Harbin Engineering University**, 2014, **35**(10):1253-1259. (in Chinese)

[8] Yetis C M, Gou T, Jafar S A, *et al*. On feasibility of interference alignment in MIMO interference networks [J]. **IEEE Transactions on Signal Processing**, 2010, **58**(9):4771-4782.

[9] MacDonald J T, Ucci D R. Interference temperature limits of IEEE 802. 11 protocol radio channels [C] // **2007 IEEE International Conference on Electro/Information Technology, EIT 2007**. Piscataway: IEEE, 2007: 64-69.

[10] Tse D, Viswanath P. **Fundamentals of Wireless Communication** [M]. Cambridge: Cambridge University Press, 2005.

An algorithm for user selection and power optimization based on interference alignment

TANG Li, ZHAO Nan, YIN Hong-xi*

(School of Information and Communication Engineering, Dalian University of Technology, Dalian 116024, China)

Abstract: In practical cognitive radio (CR) networks, users are always randomly located in an area, and the distance between each user is not equal. There are many secondary users(SU) in a certain area, but the spectrum resources of primary user (PU) are limited. For that situation, a user selection and power optimization algorithm in CR network based on interference alignment (IA) is proposed. According to the position of each user, the proposed algorithm chooses the farther SUs to communicate while the closer SUs to be idle in this time slot. When SUs satisfy the interference temperature constraints of PU, the algorithm improves the spectrum-efficiency through the power optimization allocation among the communicating SUs. Simulation results show that the proposed algorithm can effectively choose the farther SUs to communicate and optimize spectrum-efficiency under the insurance of the PU′s performance.

Key words: interference alignment(IA); user selection; interference temperature; power optimization allocation