

## 2016年广东省科学技术奖-自然科学类

项目名称：认知中继网络的相关特性及优化设计

主要完成单位：中山大学、广东工业大学

主要完成人：秦家银、张旗、李全忠、罗丽平、张广驰、张萍、杨平、李学易、曾鑫鹏、黄建理

项目简介：

项目属于无线通信技术领域，得到了国家自然科学基金的支持。认知中继网络中的相关性、鲁棒波束成形优化设计是现代无线通信系统研究和开发的基础性、关键性的科学问题，也是认知中继技术应用的瓶颈之一。本项目对此进行了深入的研究，也取得具有重要科学意义和应用价值的创新性成果。

1. 在国际上首次提出并揭示了认知中继网络中主次用户间的相关特性及其物理机制，同时率先建立了相应的理论模型，导出了系统性能解析表达式

针对2010年以前认知中继无线电技术研究过程中普遍忽略或有意回避主次用户间的相关性，导致理论分析结果与仿真结果差异过大且无法解释的科学问题，我们从无线信道特性和信号的传输机制入手，考虑了主次用户间的相关性及相互干扰特性后，在国际上首次揭示了认知中继网络中主次用户间的相关特性及其物理机制。基于该相关性，我们率先建立了认知中继网络的传输理论模型，进而导出了相应的系统性能解析表达式。该成果为认知中继网络的优化设计及其应用奠定了坚实的理论基础和重要依据，对认知中继技术的研究、发展及其应用具有实质性的推动和贡献。

2. 提出并建立了求解一类分式二次约束二次规划问题的新方法，进而提出了求解认知中继网络鲁棒波束成形问题的新方法

针对认知中继网络优化设计中共同存在的非凸优化与二次规划这一共性和基础性科学问题，我们提出了一个非迭代的基于半定规划的方法及其算法，该算法计算复杂度远小于基于二阶锥规划和约束凹凸过程的迭代算法。针对范数受限的信道误差，我们在研究最大化认知中继网络的鲁棒可达速率的优化问题过程中，采用S-procedure和秩一松弛，经过一系列等价变换，将无限数量的鲁棒约束条件转化为有限数量的分块矩阵线性不等式，将鲁棒优化问题重构为一个凸的半定规划。

上述成果的学术论文先后发表在IEEE Communications Letters, IEEE Transactions on Signal Processing, IEEE Transactions on Communications, IEEE Transactions on Vehicular

Technology等国际通信领域权威期刊上。20篇主要论文和10篇代表作分别被SCI他引99和83次，得到了多位IEEE会士的正面引用。其中，最具代表性的论文[1]为ESI高被引论文（按学科排名SCI引用在前1%的SCI收录论文为ESI高被引论文），并且获得了2014年IEEE Heinrich Hertz Award for Best Communications Letters（海因里希·赫兹最佳通信快报奖）。该奖项经IEEE通信学会多轮评审，授予过去三年发表在IEEE Communications Letters上的最佳论文，每年仅评出一篇，以刊载论文为基数的遴选比例接近1/600，是通信领域的重要国际学术奖项之一。

10篇代表性论文、专著

序号	论文专著名称/刊名/作者	影响因子	年卷页码 (xx年xx卷 xx页)	发表时间 年月日	通讯作者	第一作者	国内作者	SCI 他引 次数	他引 总次 数	知识产 权是否 归国内 所有
1	Outage Performance for Cognitive Relay Networks with Underlay Spectrum Sharing/IEEE Communications Letters/罗丽平, 张萍, 张广弛, 秦家银	1.268	11年15卷 710-71 2页	2011-07-14	秦家银	罗丽平	罗丽平, 张萍, 张广弛, 秦家银	40	66	是
2	Outage Performance of Cognitive Relay Networks with Interference from Primary User/IEEE Communications Letters/杨平, 罗丽平, 秦家银	1.268	12年16卷 1695-1 698页	2012-10-15	秦家银	杨平	杨平, 罗丽平, 秦家银	15	23	是
3	A Special Class of Fractional QCQP and Its Applications on Cognitive Collaborative Beamforming/IEEE Transactions on Signal Processing/李全忠, 张旗, 秦家银	2.787	14年62卷 2151-2 164页	2014-04-15	秦家银	李全忠	李全忠, 张旗, 秦家银	0	0	是
4	Robust Beamforming for Cognitive Multi-Antenna Relay Networks with Bounded Channel Uncertainties/IEEE Transactions on Communications/李全忠, 张旗, 秦	1.992	14年62卷 478-48 7页	2014-02-26	张旗	李全忠	李全忠, 张旗, 秦家银	2	3	是

	家银									
5	Secure Relay Beamforming for Simultaneous Wireless Information and Power Transfer in Nonregenerative Relay Networks/IEEE Transactions on Vehicular Technology/李全忠, 张旗, 秦家银	1.978	14年62卷 478-48 7页	2014-01-02	张旗	李全忠	李全忠, 张旗, 秦家银	8	9	是
6	Optimal Relay Selection and Beamforming in MIMO Cognitive Multi-Relay Networks/IEEE Communications Letters/李全忠, 张旗, 冯人海, 罗丽平, 秦家银	1.268	13年17卷 1188-1 191页	2013-06-26	秦家银	李全忠	李全忠, 张旗, 冯人海, 罗丽平, 秦家银	6	6	是
7	Relay Beamforming for Amplify-and-Forward Multi-Antenna Relay Networks with Energy Harvesting Constraint/IEEE Signal Processing Letters/黄建理, 李全忠, 张旗, 张广弛, 秦家银	1.751	14年21卷 454-45 8页	2014-04-01	张旗	黄建理	黄建理, 李全忠, 张旗, 张广弛, 秦家银	2	4	是
8	Joint Power Allocation and Subcarrier Pairing for Cooperative OFDM AF Multi-Relay Networks/IEEE Communications Letters/李学易, 张旗, 张广弛, 秦家银	1.268	13年17卷 872-87 5页	2013-05-27	秦家银	李学易	李学易, 张旗, 张广弛, 秦家银	2	4	是

9	Joint Beamforming and Antenna Subarray Formation for MIMO Cognitive Radios/IEEE Signal Processing Letters/曾鑫鹏,李全忠,张旗,秦家银	1.751	13年20卷 479-48 2页	2013-05-01	张旗	曾鑫鹏	曾鑫鹏,李全忠,张旗,秦家银	2	2	是
10	Spectrum Sensing for Cognitive Radio Networks with Correlated Multiple Antennas/Electronics Letters/罗丽平,张萍,张广弛,秦家银	0.930	11年47卷 1297-1 298页	2011-11-10	秦家银	罗丽平	罗丽平,张萍,张广弛,秦家银	6	8	是
合计								83	125	

主要完成人情况

姓名	排名	技术职称	工作单位	完成单位	对本项目的主要贡献	主要贡献支撑材料
秦家银	1	教授	中山大学	中山大学	项目负责人，制定了项目总体研究方案和实施计划，主持了项目的总体研究工作，包括项目设计、申报、实施、管理和总结等。建立了认知中继网络中主次用户性能分析的理论模型，建立了认知中继网络中资源分配的优化模型。对本项目《重要科学发现》中所列第1和2项科学发现做出了创造性贡献，是第1、2、3、6、8、10篇代表性论文的通讯作者。	1、2、3、4、5、6、7、8、9、10
张旗	2	副教授	中山大学	中山大学	项目第二负责人，制定了项目部分研究方案和实施计划，承担了项目的部分设计、实施、管理和总结工作。建立了具有主用户的干扰功率约束下的认知中继网络中主次用户性能分析的理论模型，建立了认知中继网络中波束成形与鲁棒波束成形的优化模型。对本项目《重要科学发现》中所列第1和2项科学发现做出了创造性贡献，是第4、5、7、9篇代表性论文的通讯作者。	3、4、5、6、7、8、9
李全忠	3	讲师	中山大学	中山大学	提出了把分式二次约束二次规划问题转化为半定规划问题的方法，提出了采用 S-procedure 和秩一松弛把无限数量的鲁棒约束条件转化为有限数量的分块矩阵线性不等式的方法，对本项目《重要科学发现》中所列第2项科学发现做出了创造性贡献，是第3、4、5、6篇代表性论文的第一作者。	3、4、5、6、7、9
罗丽平	4	副教授	广西民族大学	中山大学	推导了认知中继网络中次用户源和中继发送到次用户目的端信号的信干噪比的联合概率表达式，提出了基于 Bootstrap 的检测门限估计算法，提出了加权能量检测和相关广义似然比检验算法。对本项目《重	1、2、6、10

					要科学发现》中所列第 1 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、10 篇代表性论文的第一作者。	
张广驰	5	副教授	广东工业大学	广东工业大学	推导了认知中继网络中断概率的紧致下界，通过仿真验证了无线携能通信方式下中继通信网络优化设计的有效性，通过仿真验证了基于 Bootstrap 的检测门限估计算法，比由虚警概率理论值得出的检测门限准确，比 Monte-Carlo 仿真所需的观察样本数少。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、7、8、10 篇代表性论文的作者。	1、7、8、10
张萍	6	讲师	中山大学	中山大学	通过仿真验证了认知中继网络中断概率紧致下界的有效性，通过仿真验证了在多天线间信道彼此相关的情况下，加权能量检测和相关广义似然比检验算法比传统基于特征值的检测算法检测性能明显提高。对本项目《重要科学发现》中所列第 1 项科学发现做出了创造性贡献，是第 1、10 篇代表性论文的作者。	1、10
杨平	7	讲师	东莞理工学院	中山大学	考虑主用户对次用户的干扰，采用了一种基于近似概率密度函数的方法，推导了采用最大比合并和选择合并策略下的认知中继网络中断概率，通过仿真验证了中断概率封闭表达式的有效性。对本项目《重要科学发现》中所列第 1 项科学发现做出了创造性贡献，是第 2 篇代表性论文的第一作者。	2
李学易	8	讲师	广东工业大学	中山大学	针对正交频分复用系统，提出了联合资源分配和子载波配对的优化方法。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是第 8 篇代表性论文的第一作者。	8
曾鑫鹏	9	无	中国移动通信集团	中山大学	针对认知无线网络，提出了联合波束成形和天线子阵成形的的方法，提出了松弛约束和恢复约束的方法。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是第 9 篇代表性论文的第一作者。	9

黄建理	10	无	南方电网 科学研究院有限 责任公司	中山大学	提出了无线携能通信方式下中继通信网络基于 Charnes-Cooper 变换和秩一松弛的优化设计方法。对本项目《重要科学发现》中所列第 2 项科学发现做出了创造性贡献，是第 7 篇代表性论文的第一作者。	7
-----	----	---	-------------------------	------	---	---