**东南大学-中国移动研究院联合创新中心**

**面向未来的NTN非地面网络技术研究、仿真平台搭建和验证**

**联合研发课题指南**

**中国移动通信有限公司研究院**

**2024年3月**

1. **课题基本信息**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 课题名称 | | 面向未来的NTN非地面网络技术研究、仿真平台搭建和验证 |
| 课题所属合作领域 | | 移动通信 |
| 课题周期 | | 课题任务合同书签订起——2025年12月15日 |
| 预期成果类型 | | □原型样机 ☑仿真平台 □软件/算法模型 ☑标准 □白皮书 ☑技术方案或研究报告 ☑专利  ☑论文 □论著 □其他 （填写具体内容） |
| 课题分级 | | □重大课题 □ 重点课题 ☑ 小而美课题 |
| 课题分类 | | ☑技术引领类 □平台验证类 |
| 中国移动课题联系人信息 | 课题接口人 | 郑毅 |
| 联系电话 | 13810303540 |
| 电子信箱 | zhengyi@chinamobile.com |

1. **课题研究背景**

国际电信联盟将泛在连接定义为6G六大核心应用场景之一。泛在连接旨在任何时间、任何地点，通过各种设备和技术实现无缝连接的能力。尽管当前地面移动通信系统已经十分成熟并且逐步商用，其提供广域覆盖的能力依然十分有限，难以满足泛在连接的需求。在海洋、沙漠、山地偏远地区等苛刻环境下，宽带通信也常常难以覆盖。卫星通信技术具有覆盖面广、受地面自然灾害影响小等独特优势，可以作为地面移动通信系统的补充。综上所述，研究卫星通信技术对于实现6G泛在连接具有重要意义。

为充分发挥地面和卫星通信系统的优点，构成全球无缝覆盖和切换的通信网络，需要研究地面空口技术和卫星移动通信的深度融合。通过采用天地融合的空口体制，不仅能够将地面前沿的通信技术应用到星地通信中以提升通信系统性能，而且兼容性的空口设计可以使卫星通信享受地面的规模化产业链，从而大幅度降低多模卫星终端的设计和制造成本。然而，星地链路与地面通信环境的显著差异给空口技术的融合带来了诸多挑战，而面向地面环境设计的传输方法在此类场景中存在适用性问题，因此需要针对卫星通信中存在的大多普勒频偏、载荷功率资源受限等问题，对相关体制和算法进行重新设计，实现天地一体化原生设计。

1. **研究目标及内容**

通过本课题，将实现以下目标：

针对卫星载荷平台资源限制以及星地链路与地面通信环境的显著差异，本课题拟开展NTN演进关键技术研究，着力探究与地面通信系统空口融合的卫星通信无线传输技术，并进行链路级仿真评估，为空天地一体化设计提出新的思路，推动通信技术发展。具体来说，主要包括以下几个方面的目标：

1.面向无线传输的星地融合，针对卫星通信链路损耗大传播时延长、频谱资源受限、超大小区半径、星上与终端功率受限问题，融合地面通信系统空口体制，探索NTN演进框架下星地无线传输理论与技术体系，解决空口体制的星地融合问题。

2.针对卫星相控阵天线规模和用户终端数量增加带来的复杂度提升问题和资源受限问题，探索基于多波束的用户传输方法，挖掘多波束相控阵提升多用户传输效率的潜力，解决容量逼近多用户传输的实现复杂度问题。

3.完成链路级仿真平台，实现NTN演进关键技术和算法设计的原理和性能验证，重点验证空口传输与接入方面的能力，部分关键技术与算法在星地一体化原型系统中进行验证，初步完成NTN演进关键技术与算法设计的可用性评估。

要解决的主要技术难点和问题如下：

1.如何在卫星载荷平台功率资源受限的情况下，研究具有较高功率效率的传输波形？

2.如何在存在长时延、大多普勒频偏等区别于地面无线环境的条件下，研究面向多波束通信场景的星地传播环境的高效接入方法和传输方法？

本课题的主要研究内容包括：

在星地无线通信环境中，存在链路损耗大、传播时延长、频率资源受限、超大小区半径、星上与终端功率受限等不同于地面无线传播环境的特点。地面5G演进空口体制，包括基本波形、波束管理、上行用户随机接入等，均针对地面无线传播环境的特点设计，难以直接应用于星地用户链路。需要围绕星地融合场景，开展能够实现天地一体化的原生设计研究。

**任务1：**针对5G系统中CP-OFDM波形的高峰值平均功率比（Peak to Average Power, PAPR）特性不适用于卫星载荷平台功率效率约束的问题，设计SC-FDMA等具有低PAPR的波形，在此基础上进一步探究相应波形下NTN演进下行链路中的应用方案。

**任务2：**针对地面通信系统中随机接入方案在卫星通信系统存在的大小区半径、长传播时延差、卫星拓扑动态变化等特性下不适用的问题，分别围绕存在星历与不存在星历的场景，探索适用于NTN演进的上行随机接入收发处理方法，以及接入波束设计。

**任务3：**针对星上资源受限引发的波束数量有限等瓶颈问题，探寻高效多波束传输方法，突破传统设计理念，提出创新思路和方案。

**任务4：**基于NTN增强需求，借助标准积累，识别标准增强方向，共同进行增强技术研究与方案预埋，并进行可能的3GPP和/或CCSA等国内外标准化组织的推动等工作。

其中上述内容的任务4部分，由中国移动研究院研究人员开展研究，任务1至任务3部分由合作团队进行承担。

其中上述内容的任务1、2、3部分，由中国移动研究院研究人员和东南大学合作完成。

1. **预期成果及验收要求**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **序号** | **成果名称** | **数量** | **类型** | **交付时间** | **考核指标** | **是否为核心成果** |
| 1 | NTN演进波形设计相关专利 | 1 | 专利 | 2024年12月 | 取得专利局申请受理通知书 | 否 |
| 2 | NTN跳波束相关标准提案 | 1 | 标准提案 | 2024年12月 | 以向3GPP，CCSA等国内外标准化组织提交为准 | 否 |
| 3 | NTN演进低峰均比波形设计研究报告 | 1 | 研究报告 | 2024年12月 | 满足三、研究目标及内容的要求的方案及评估结果报告 | 否 |
| 4 | NTN演进接入波形设计方向论文 | 1 | 论文 | 2025年12月 | 高水平EI期刊一篇，移动方作为通讯作者 | 否 |
| 5 | NTN演进上行接入相关专利 | 1 | 专利 | 2025年5月 | 取得专利局申请受理通知书 | 否 |
| 6 | NTN演进上行用户随机接入研究报告 | 1 | 研究报告 | 2025年5月 | 满足三、研究目标及内容的要求的方案及评估结果报告 | 否 |
| 7 | NTN演进接接入方向论文 | 2 | 论文 | 2025年12月 | 高水平SCI和EI期刊各1篇，移动方作者排名前三 | 否 |
| 8 | NTN演进上行波束管理相关专利 | 1 | 专利 | 2025年12月 | 取得专利局申请受理通知书 | 否 |
| 9 | NTN演进接入传输方向论文 | 1 | 论文 | 2025年12月 | 高水平SCI 1篇，其中SCI期刊论文移动方为通讯作者 | 否 |
| 10 | NTN演进多波束传输方法研究报告 | 1 | 研究报告 | 2025年12月 | 满足三、研究目标及内容的要求的方案及评估结果报告 | 否 |
| 11 | NTN演进软件仿真研究报告1份 | 1 | 设计报告 | 2025年12月 | 满足三、研究目标及内容的要求的方案及评估结果报告 | 否 |
| 12 | NTN演进软件仿真平台1份 | 1 | 仿真平台 | 2025年12月 | 在5G NR OFDM收发框架下，实现发送信号峰均比不高于0.6dB，且支持频域位置和带宽灵活可配置，从而有效提升功放效率 | 是 |

1. **课题执行计划**

课题任务合同书签订起-2024年12月，完成的任务和输出的成果：

1. 确定课题总体管理、协调及运行、实施机制、研究方案及工作计划;
2. 开展并完成NTN演进低PAPR波形设计部分研究；
3. 提交面向NTN演进场景的波束管理中的跳波束设计的标准提案1项；
4. 提交NTN演进低PAPR波形设计相关的发明专利1项。
5. 完成NTN演进低PAPR波形设计研究报告；

2024年12月-2025年5月，完成的任务和输出的成果：

1. 开展并完成NTN演进上行用户随机接入部分研究；
2. 提交NTN演进上行用户随机接入方法相关的专利1篇；
3. 完成NTN演进上行用户随机接入研究报告；

2025年6月-2025年12月，完成的任务和输出的成果：

1. 开展NTN演进多波束传输部分研究；
2. 完成面向NTN演进场景的初始接入论文1篇；
3. 提交NTN演进波束管理方法相关的专利1篇；
4. 完成NTN演进波束管理与仿真平台部分研究;
5. 完成NTN演进波束管理方法研究报告与NTN演进软件仿真平台和研究报告设计报告各1份；
6. 完成面向NTN演进场景的低PAPR波形设计论文1篇；
7. 完成面向NTN演进场景的波束管理技术论文2篇；
8. 课题总结与结题验收。
9. **合作团队与配套需求**

1、教授或副教授3名，课题总投入18人月；

2、每年至少投入名研究生及以上学历的学生承担技术研究，课题总投入不少于86**人月。**

需要具备能够提供NTN非地面网络技术研究、仿真平台搭建和验证联合研发课题的所需配套的仪器、设备、环境等。

1. **知识产权要求**

本课题相关成果的知识产权要求如下：

1. 是否打算就课题成果发表论文：

□我方拟发表 □对方拟发表 ☑共同发表 □均不发表 □不确定

2、本课题所产生的课题成果（不含论文）知识产权归属为：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 成果列表 | 知识产权归属 | 成果形式 |
| 成果1：NTN演进波形设计相关专利1篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | 专利  □软件  □技术秘密  □集成电路布图设计  □其他 |
| 成果2：NTN演进上行接入相关专利1篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | 专利  □软件  □技术秘密  □集成电路布图设计  □其他 |
| 成果3：NTN演进上行波束管理相关专利1项 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | 专利  □软件  □技术秘密  □集成电路布图设计  □其他 |
| 成果4：NTN演进低峰均比波形设计技术研究报告1篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  □软件  技术秘密  □集成电路布图设计  □其他 |
| 成果5：NTN演进上行用户随机接入研究报告1篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  □软件  技术秘密  □集成电路布图设计  其他 |
| 成果6：NTN演进多波束传输方法研究报告1篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  □软件  技术秘密  □集成电路布图设计  其他 |
| 成果7：NTN演进软件仿真平台1份 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  软件  □技术秘密  □集成电路布图设计  其他 |
| 成果8： NTN演进软件仿真研究报告1份 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  □软件  技术秘密  □集成电路布图设计  其他 |
| 成果9：NTN跳波束相关标准提案一篇 | □归中国移动研究院独有  双方共有 | □专利  □软件  技术秘密  □集成电路布图设计  其他 |

**注：知识产权说明以合同约定为准。**

**八、其他说明**

（如有其他内容及说明，请在此补充）