

陕西省科学技术进步奖提名公示材料

(2025年度)

一、项目基本情况

项目名称	智能交通场景下无线信号传输建模技术研究及应用
主要完成人	王威，刘鑫一，侯俊，陈鹏，姜苏英，吕悦，孙霆，高婧洁，孟芸
主要完成单位	长安大学

二、提名意见（适用于单位提名）

提 名 者	陕西省教育厅	提名等级	<input type="checkbox"/> 一等奖 <input checked="" type="checkbox"/> 二等奖 <input type="checkbox"/> 三等奖
<p>提名意见：</p> <p>由长安大学申报的“智能交通场景下无线信号传输建模技术研究及应用”项目，针对面向通信和定位多系统融合的信号传输建模研究尚不系统全面，模型的缺失成为制约车联网传输技术发展的瓶颈问题。在车联网无线信号传输测试技术和平台、复杂场景下传输信道高精度参数估计和追踪、复杂交通场景下的无线信号传输模型等方面取得了突破，主要创新点有如下 3 个：1) 提出了密集多径高分辨率参数追踪技术，针对复杂场景下车辆的移动性使得相邻测量点之间密集多径参数变化快等问题，解决了传统估计过程中密集多径造成的模型失配问题；2) 开发了一套适用于城市、郊区等典型交通场景和隧道、地下车库等复杂交通场景的车联网无线信号传输测试技术和平台，平台成功扩展并应用到智能交通领域无线信号传输的多维度、多平台、多场景中；3) 将物理方法和基于几何方法的随机信号传输模型结合，提出了面向定位极端场景的无线信号传输模型，实现了复杂交通场景下的高质量信号传输和高精度导航追踪，有效解决了现有车联网通信系统应用的技术瓶颈。项目研究授权多项国家发明专利，并实现成果转化，近 3 年实现的经济和社会效益显著。项目成果的应用对于下一代车联网无线通信和定位等关键支撑技术的发展和升级具有重要的推动作用。经审查，推荐材料齐全、规范，无知识产权纠纷，人员排序无争议，符合陕西省科学技术奖推荐条件。</p> <p>提名该项目为 2025 年度陕西省科学技术进步奖二等奖。</p> <p>说明：省科学技术进步奖一、二、三等奖项目，实行按等级标准提名、独立评审表决的机制。提名单者应严格依据省科学技术奖的标准条件，说明提名项目的贡献程度及等级建议。“提名一等奖”评审落选项目不再降格参评二等奖，“提名二等奖”的评审落选项目不再降格参评三等奖。项目组与提名单位沟通后，做出提名等级意见；提名项目正式提交后，提名等级建议不得变更。请在相应栏打“√”进行选择。</p> <p>软科学标准计量科普类项目请勾选“二等奖”或者“三等奖”。</p>			

三、项目简介

本项目属于信息技术和交通运输的交叉学科领域车联网无线信号传输和通信、定位多系统融合的技术创新项目。

1、项目概述

在隧道、地下车库等无卫星覆盖的复杂交通场景下，无线传输信号易受通信环境物体遮挡及信号传输衰减等因素影响，导致该区域出现无网甚至无法通信的局面，造成车联网通信质量低甚至出现通信中断等情况。因此，保障复杂交通场景下的无线信号传输和导航，建立准确且复杂度低的车联网无线信号传输模型显得尤为重要。

本项目经过将近 5 年时间的技术攻关，在车联网复杂场景下传输信道高精度参数估计和追踪、无线信号传输测试技术和平台、复杂交通场景下的无线信号传输模型等方面取得了突破性成果。首先，提出了密集多径高分辨率参数追踪技术，尤其针对车联网复杂应用场景下车辆的移动性使得相邻测量点之间多径参数变化快等问题，解决了传统估计过程中密集多径造成的模型失配问题；其次，针对复杂交通场景构建了完备的无线信号传输测试技术和平台，设计优化了可降低功放非线性失真的发射信号设计方案，实现了车联网中远距离、大带宽电磁信号的收发、采集和存储；将物理方法和基于几何方法的随机信号传输模型结合，提出了面向定位极端场景的无线信号传输模型，实现了复杂交通场景下的高质量信号传输和高精度导航追踪，有效解决了现有车联网通信系统应用的技术瓶颈。

2、主要技术内容

(1) 车联网复杂应用场景下密集多径高分辨率参数追踪技术

针对车联网复杂应用场景下无线信号的密集多径传输导致无法形成连续的时变路径追踪问题，本项目提出了新型无线信号传输高分辨率密集多径参数估计方法。融合基于自回归滑动平均滤波器的空间交替期望最大化算法和卡尔曼滤波器，提出了一种增强超分辨率参数追踪算法，有效地估计和跟踪多径参数，解决了传统估计过程中密集多径造成的模型失配问题，提升了通信和定位性能，并通过仿真和实测数据验证了算法的正确性和有效性。同时提取测量数据中每个路径的时变信道参数，结合车辆的运动特征和贝叶斯方法，分析了包括可视区域、密集多径时空演变等信号传输动态特征，发展了密集多径高分辨率参数追踪方法，建立了“多径出现”、“多径消亡”模型。此外，通过建立多路径传播的振幅、方位角、时延的概率密度函数，计算了每条路径的多普勒扩展谱，进而构建了多路径多普勒扩展谱模型。该创新方案已授权中国发明专利 2 项，在《IEEE Transactions on VT》、《IEEE Transactions on AP》、《IEEE Transactions on AES》等信息技术领域国际顶级期刊发表高水平论文 10 余篇。

(2) 车联网无线信号传输测试技术和平台开发

针对城市、郊区、农村等典型交通场景和隧道、密集交通、地下车库等复杂交通场景，本项目发展了完备的车联网无线信号传输测试技术和平台，提出了可降低功放非线性失真的车联网信号传输设计方案，构建了测试传输系统。该系统利用激光雷达、惯导、相机等传感器采集厘米级数据精度的环境感知数据，采用车载射频无线电设备实现与路侧、旁车等信号的收发、采集和存储，利用高精度原子钟进行时钟校正完成测量过程中的收发端同步，通过连接收发端射频无线电设备与带通滤波器、功放、低噪放等实现了无线信号的高效远距离传输和接收，形成了兼顾海量数据采集、多频段、多链路、动态移动、环境感知等诸多因素的高精度测试平台。

目前，该测试平台已成功扩展并应用到了无人机对车信号传输、智能交通通信感知一体化信号传输、海洋交通超视距信号传输等多维度、多场景中，并基于该系统多次完成了信号传输测试工作。该测试方案已授权中国发明专利 4 项，在《IEEE Transactions on Broadcasting》、《IEEE Transactions on AP》等信息技术领域国际顶级期刊发表高水平论文 10 余篇。

（3）面向复杂交通场景的无线信号传输模型构建

将衍射、漫散射物理方法和基于几何方法的随机信号传输模型结合，本项目提出了面向定位极端场景（隧道、地下车库、交叉路口）的无线信号传输模型。通过研究车-车信号传播与距离、交通流间的相关性，阐明了其相互变化规律，并基于复杂场景下的车联网无线信道传播特性和大小尺度衰落特征，建立了不同场景下的信号衰减模型。针对现有车联网连通性模型很少同时考虑交通流和小尺度衰落对连通性影响的问题，推导了 Weibull 和 Nakagami- m 衰落信道下任意两车之间的连通性概率，建立了不同衰落下的车联网连通性模型，并分析了大尺度衰落参数、Weibull 衰落参数、Nakagami- m 衰落参数、车辆密度、发射功率、信噪比 SNR 阈值、相邻车辆阶次等参数对车联网连通性的影响。该创新方案已获得中国发明专利 2 项，在《IEEE Transactions on VT》、《IEEE Signal Processing Letters》等信息技术领域国际顶级期刊发表高水平论文 10 余篇。成果已应用在多家企业的新技术测试和新产品研发过程中，有力地推动了车联网通信、定位测试的示范应用。

本项目搭建了完备的车联网无线信道传输平台，提出了新型无线信号传输高分辨率密集多径参数估计方法和高精度车辆定位方法，建立了适用于多种复杂交通场景的无线信号传输模型。上述成果为车联网通信、定位系统在实际复杂场景中的应用提供有力的技术支撑和应用保障，推动了下一代车联网无线通信、定位等多源系统技术的发展。

3、主要成果及其应用情况

本项目组先后获批承担了陕西省科技创新团队和西安市国际科技合作基地的建设，项目研究成果授权 15 项国家发明专利，发表高水平学术论文 45 篇。同时，本项目组先后与西安伟蓝网络通信有限公司、陕西克雷德电子科技有限公司、西安汉克布特智能科技有限公司、欧卡电子智能科技、开天铁路电气股份有限公司等企业合作，针对本项目研究成果进行产学研合作，产生了良好的经济和社会效益。项目成果的应用，对于下一代车联网无线通信和定位等关键支撑技术的发展和升级具有重要的推动作用。

四、客观评价

理解复杂交通环境下传输环境的特征对车联网通信与定位感知研究和算法测试有着至关重要的作用。与通信系统相比，定位算法的多样性要求信号传输模型能够体现出更多维度的传播特征。然而针对车联网通信、定位融合应用的信号传输模型研究尚处不完备，还远未达到标准化的阶段。项目针对面向通信和定位多系统融合的信号传输建模研究尚不系统全面、模型缺失等难题，经过将近 5 年的技术攻关，在复杂场景下传输信道高精度参数估计和追踪、车联网无线信号传输测试技术和平台、复杂交通场景下的无线信号传输模型等方面取得了突破和重要成果，形成了我国具有自主知识产权的车联网无线信号传输测试、评估系统成套技术方案。

项目成果已授权国家发明专利 15 项，发表高水平学术论文 45 篇。获批了《面向车联网的车路协同传输与车载测试平台研发》、《车联网中多源异构信息资源管控平台的研究及应用》、《智能交通场景下无人机对地无线传播信道的测量、参数提取和建模研究》等多项国家级和省部级项目并顺利通过专家组验收。项目成果先后与多个国内信息和交通领域企业合作，在物流交通、车联网通信定位设备制造等领域得到了推广应用，对于下一代车联网无线通信和定位等关键支撑技术的发展和升级具有重要的推动作用，对我国汽车行业网联智能通信与感知技术进步及产业结构优化升级具有一定的促进作用。项目研究成果被多名 IEEE Fellow 及 IET Fellow 在其论文著作中引用并进行正面评述，并获得 2024 年度陕西高等学校科学技术研究优秀成果二等奖。

五、应用情况

1. 应用情况（限 2 页）

本项目是集复杂场景下无线传输信道高精度参数估计和追踪技术、车联网无线信号传输测试技术和平台开发、复杂交通场景下的无线信号传输模型构建相结合的多维度、一体化无线信号传输建模技术研究。本项目与西安伟蓝网络通信有限公司、陕西克雷德电子科技有限公司、西安汉克布特智能科技有限公司、西安开天铁路电气股份有限公司、陕西欧卡电子智能科技有限公司等数家企业开展了长期合作，以技术开发等合作形式开展合作。成果已应用在电台通信图传、通信组网设备、计算机网络系统集成测试、无人驾驶清洁平台等系统开发测试，对于下一代车联网无线通信和定位等关键支撑技术的发展和升级具有重要的推动作用。

六、主要知识产权和标准规范等目录（限 10 条）

序号	知识产权类别	知识产权具体名称	国家（地区）	授权号	授权日期	证书编号	权利人	发明人
1	发明专利	基于 ARIMA 滤波器的 SAGE 信道参数估计方法	中国	ZL202010399019.3	2022 年 02 月 01 日	4914052	长安大学	王威, 姜苏英, 侯俊, 刘鑫一, 张旭, 贾爱琳, 畅田田
2	发明专利	一种基于软判决可视与非可视信道的识别方法、系统及装置	中国	ZL202110485752.1	2022 年 06 月 28 日	5267588	长安大学	王威, 谢景丽, 刘鑫一, 侯俊
3	发明专利	基于发射功率和用户满意度的网络选择方法	中国	ZL201911159295.6	2021 年 06 月 25 日	4509377	长安大学	刘鑫一, 王威, 侯俊, 庞继龙, 孟芸, 张阳, 谢景丽, 徐志麟
4	发明专利	利用单个移动信标的无线传感器网络节点定位方法及系统	中国	ZL202111415398.1	2023 年 9 月 29 日	6367391	长安大学	高婧洁, 孙华超, 王威, 陈鹏, 张倩
5	发明专利	车联网中基于 SWIPT 的物理层安全通信方法	中国	ZL201910726646.0	2022 年 04 月 29 日	5118361	长安大学	侯俊, 张阳, 王威, 刘鑫一, 谢莹, 李岩, 栗振阳
6	发明专利	基于多级优化提高车联网传输信号可靠性的方法	中国	ZL201910519097.X	2022 年 04 月 29 日	5119931	长安大学	侯俊, 王威, 刘鑫一, 张阳, 谢莹, 李岩, 栗振阳, 赵嘉成
7	论文	An ARMA-Filter Based SAGE Algorithm for Ranging in Diffuse Scattering Environment	美国	DOI: 10.1109/TVT.2022.3144828	2022 年 01 月 25 日	IEEE Transactions on Vehicular Technology	长安大学	Suying Jiang, Wei Wang, Thomas Jost, Peng Peng, Yuzhe Sun
8	论文	The Effectiveness of Distortion-Type PAPR and Total Degradation Reduction in OFDM Systems	美国	DOI: 10.1109/TCBC.2020.2977549	2020 年 03 月 10 日	IEEE Transactions on Broadcasting	长安大学	Jun Hou, Wei Wang, Yang Zhang, Xinyi Liu

9	论文	Efficient Multistatic Radar Localization Algorithms for a Uniformly Accelerated Moving Object With Sensor Parameter Errors	美国	DOI: 10.1109/T AES.2023 .3292074	2023 年 07 月 12 日	IEEE Transactions on Aerospace and Electronic Systems	长安大 学	Ting Sun, Wei Wang
10	论文	Low-Altitude UAV Air-to-Ground Multilink Channel Modeling and Analysis at 2.4 and 5.9 GHz	美国	DOI: 10.1109/L AWP.2023 .3278330	2023 年 05 月 22 日	IEEE Antennas and Wireless Propagation Letters	长安大 学	Yue Lyu, Wei Wang, Yuzhe Sun, Haochuan Yue, Jiahui Chai

七、主要完成人情况表

姓 名	王威	排 名	1
行政职务	副院长		
技术职称	教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 项目总负责人，负责制定项目总体研究框架和研究路线，在总体方案中搭建了车联网无线信号传输测试平台，提出了无线信号传输和导航定位结合的研究思路，并在项目研制阶段负责高分辨率时变参数追踪、车联网定位技术攻关，推进研究成果应用。作为该项目的第一完成人，对所有列出的科学发现均做出了创造性贡献，是所有论文的通讯作者，也是所有发明专利的发明人。			

姓 名	刘鑫一	排 名	2
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
<p>对本项目主要学术贡献：</p> <p>在本成果中完成人与第一完成人共同完成了车联网中信息传输与信道建模的研究，提出了基于信道状态的无线信号传输优化方法，研究并开发了车联网多源异构信息资源管控平台。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（1）和（2）的工作，对所列成果的序号（2）、序号（3）以及科研项目（3）做出了创造性贡献。</p>			

姓 名	侯俊	排 名	3
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 在本成果中完成人与第一完成人共同完成了车联网中信息传输与信道建模的研究，设计优化了可降低功放非线性失真的发射信号设计方案，提出了新型低功耗三角压扩技术。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（5）、序号（6）、序号（8）以及科研项目（2）做出了创造性贡献。			

姓 名	陈鹏	排 名	4
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 在本成果中与第一完成人共同完成了无线测量与传感器阵列设计等相关研究及应用，提出了一种基于重构的自适应波束函数,利用线性预测来生成虚拟传感器数据,并扩展阵列孔径。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（4）做出了创造性贡献。			

姓 名	姜苏英	排 名	5
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	陕西科技大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 完成人针对车联网复杂应用场景，考虑了环境中漫散射分量的影响，提出了一种新颖的高分辨率密集多径参数估计算法，并利用自回归滑动平均滤波器实现了在漫散射电磁环境中的高精度参数估计。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（1）、序号（7）做出了创造性贡献。			

姓 名	吕悦	排 名	6
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 完成人与第一完成人共同完成了车联网基于无线信号传输技术的研究及应用，主要负责复杂交通场景下无线信号传输模型的建立，分析车联网不同场景下的信号衰落特性，建立无线信号传输模型。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（1），（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（10）做出了创造性贡献。			

姓 名	孙霆	排 名	7
行政职务	无		
技术职称	讲师		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 完成人与第一完成人主要负责复杂交通场景下对车辆定位方法的研究，为解决未知物体位置、速度和加速度估计以及传感器参数不确定情况下的目标感知定位问题，开发了两种有效的估计方法，所提出的方法提高了目标位置和速度的估计精度。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（9）做出了创造性贡献。			

姓 名	高婧洁	排 名	8
行政职务	无		
技术职称	副教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 完成人在本项目中主要负责基于无线传感器网络的通信、定位及导航研究，主要涉及复杂信道下的无线网络定位跟踪、无线网络多传感器数据融合、优化及统计信号处理等研究工作，为本项目成果提供复杂场景中通信、定位的技术支撑。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）和（3）的工作，对所列成果的序号（4）做出了创造性贡献。			

姓 名	孟芸	排 名	9
行政职务	无		
技术职称	教授		
工作单位	长安大学		
完成单位	长安大学		
对本项目主要学术贡献： 在本成果中完成人与第一完成人共同完成了车联网中信息传输与信道建模的研究，提出了基于发射功率和用户满意度的网络选择方法以及参与开发了车载测试平台。作为项目主要完成人完成了本项目技术内容（2）的工作，对所列成果的序号（3）以及科研项目（3）做出了创造性贡献。			

八、主要完成单位情况表

单位名称	长安大学
<p>对本项目科技创新和应用推广情况的贡献：</p> <p>长安大学是本项目的主要完成单位，是项目总体框架和技术路线制定，提供车联网试验场地。长安大学拥有全国高校唯一的车联网与智能汽车试验场，建有汽车高速环形跑道和多种可靠性强化典型试验道路，集成了多种无线网络，构建了较为完备的车联网通信体系。完成人所在的长安大学信息工程学院现有国家级“车-路信息感知与智能交通系统”创新引智基地、交通运输部认定自动驾驶封闭场地、测试基地等国家级科研平台，为本项目的车联网无线信号传输技术和平台的搭建提供了场地支持和测试环境支持。另外，完成人所在的智能交通导航试验研究中心拥有良好的实验条件和平台。综上所述，长安大学为项目提供了充足的软硬件科研条件支持，并为成果的推广应用和成果转化提供了积极的政策支持和完备的制度保障，确保了项目的顺利开展、测试平台的系统搭建、传输模型的构建和成果的产业落地。</p>	

九、完成人合作关系说明

本人作为本项目第一完成人与其他所有八名完成人的完成单位均为长安大学。本人作为负责人于 2022 年获批与本项目研究内容相关的陕西省科技创新团队，本项目其他八位完成人均为该科技创新团队主要成员。其中，项目完成人姜苏英、吕悦为本人指导的博士研究生，合作发表知识产权 1 项（与姜苏英-成果列表序号 1），论文合著 2 篇（与姜苏英-成果列表中序号 7，与吕悦-成果列表中序号 10）。项目完成人刘鑫一、侯俊与本人同属科技创新团队，合作发表知识产权 6 项（成果列表序号 1、2、3、5、6、8），共同立项 3 项（科研项目 1、2、3）。项目完成人陈鹏、高婧洁、孙霆、孟芸与本人同属科技创新团队，合作发表知识产权 3 篇（与陈鹏、高婧洁-成果列表序号 4，与孙霆-成果列表序号 9，与孟芸-成果列表序号 3），共同立项 1 项（与孟芸-科研项目 3）。

十、完成人合作关系情况汇总表

序号	合作方式	合作者/项目排名	合作起始时间	合作完成时间	合作成果	证明材料
1	共同知识产权	王威, 刘鑫一, 侯俊, 姜苏英/1, 2, 3, 5	2020.05	至今	基于ARIMA滤波器的SAGE信道参数估计方法	知识产权1发明专利说明书全文
2	共同知识产权	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2021.04	至今	一种基于软判决可视与非可视信道的识别方法、系统及装置;	知识产权2发明专利说明书全文
3	共同知识产权	王威, 刘鑫一, 侯俊, 孟芸/1, 2, 3, 9	2019.11	至今	基于发射功率和用户满意度的网络选择方法	知识产权3发明专利说明书全文
4	共同知识产权	王威, 陈鹏, 高婧洁/1, 4, 8	2021.11	至今	利用单个移动信标的无线传感器网络节点定位方法及系统	知识产权4发明专利说明书摘要页
5	共同知识产权	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2019.08	至今	车联网中基于SWIPT的物理层安全通信方法	知识产权5发明专利说明书摘要页
6	共同知识产权	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2019.06	至今	基于多级优化提高车联网传输信号可靠性的方法	知识产权6发明专利说明书摘要页
7	论文合著	王威, 姜苏英/1, 5	2019.09	2023.06	An ARMA-Filter Based SAGE Algorithm for Ranging in Diffuse Scattering Environment	知识产权7论文检索证明
8	论文合著	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2019.09	至今	The Effectiveness of Distortion-Type PAPR and Total Degradation Reduction in OFDM Systems	知识产权8论文检索证明
9	论文合著	王威, 孙霆/1,7	2022.09	至今	Efficient Multistatic Radar Localization Algorithms for a Uniformly Accelerated Moving Object With Sensor Parameter Errors	知识产权9论文检索证明
10	论文合著	王威, 吕悦, /1, 6	2020.09	至今	Low-Altitude UAV Air-to-Ground Multilink Channel Modeling and Analysis at 2.4 and 5.9 GHz	知识产权10论文检索证明
11	共同立项	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2019.01	2022.12	智能交通场景下无人机对地无线	项目1合同

					传播信道的测量、参数提取和建模研究	
12	共同立项	王威, 刘鑫一, 侯俊/1, 2, 3	2020.01	2021.12	面向车联网的车路协同传输与车载测试平台研发	项目2合同
13	共同立项	王威, 刘鑫一, 侯俊, 孟芸/1, 2, 3, 9	2019.01	2019.12	车联网中多源异构信息资源管控平台的研究及应用	项目3合同