

2024年度福建省科学技术奖 提名项目（人选）公示内容

1.项目名称：边缘智能驱动的多模态识别与低功耗自组网通信关键技术及应用

2.提名奖种：福建省科学技术进步奖

3.提名单位：福建省教育厅

4.项目简介：

在全球技术竞争白热化背景下，工业领域面临严峻挑战：高精度工业传感器及实时数据处理算法的国际垄断，严重制约复杂环境下的感知精度与数据互通；畸变图像校正、多源数据融合等核心环节被海外底层算法专利封锁，叠加国内跨协议通信标准与边缘计算架构碎片化，致使工业终端设备协同迟滞、响应延迟居高不下。同时，高动态工业物联网场景中，静态网络路由与资源分配策略难以适配移动机器人、AGV 等设备的频繁拓扑变化，无法满足智能制造对毫秒级交互的严苛要求。此外，传统集中式调度模型在边缘侧计算、存储、通信资源剧烈波动下难以应对，复杂工况下跨域资源实时协同失效，导致工业5G 基站、传感器网络续航瓶颈与部署成本激增，而工业设备对海外软硬件生态的深度依赖，更在“生产数据采集 - 边缘决策”技术链中埋下安全隐患。当前工业系统在“感知-通信-调度”的闭环技术链上暴露出三大技术难题：

- ①多源异构数据特征解耦与认知协同不足，削弱智能决策可靠性；
- ②高密度设备动态接入与复杂网络环境，对实时通信提出极致要求；
- ③有限边缘资源与多元服务需求的矛盾加剧，能效优化亟待突破。

在国家自然科学基金和福建省科技厅项目的支持下，阳光学院联合福建新大陆自动识别技术有限公司及厦门大学，历时5年攻克上述问题，研发了系列装备，显著提升“感知-通信-调度”协同能力，与国内外同类技术相比，取得以下创

新成果：

1.针对难题一，提出了多模态边缘智能感知与异构数据融合处理技术。发明了图像畸变自适应校正方法和动态补偿模型，研制出全场景智能图形解码系统，借助先进的图像畸变自适应校正方法，能在复杂光照下，将条码识别率提升至 99% 以上，相比传统方法提高了 20 个百分点，显著提升了形变条件下条码识别率。创新了图像、射频信号、音频等多模态信号协同处理与自适应抗干扰机制，构建全域覆盖的智能射频识别框架，在高速移动场景中，标签识别准确率可达 98%，在密集干扰场景中误码率低于 1%，实现了稳定可靠的标签识别。此外，设计了多层次异构加速架构与动态资源调度策略，通过神经网络轻量化与硬件并行化融合技术，单幅图片解码速度较以往提升 2 倍以上，显著提升在仓储物流、工业制造、医疗、零售商超等领域识别效率。

2.针对难题二，提出了超低时延自组织网络架构与高并发动态拓扑优化技术。发明了基于拓扑重构的自适应负载均衡路由算法，通过动态链路感知与混合传输机制的协同优化，显著降低了大规模节点并发通信时延，大幅提升了网络传输容量。构建了分布式智能拓扑控制框架与能源效率优化模型，开发了具有全域覆盖能力的自组织网络核心组件，在复杂电磁环境和动态节点场景下实现了高可靠的大规模终端接入。相关技术已应用于石油钻井平台、矿山机械等恶劣环境设备的远程监控，日均传输数据超10万条。其通信模组在AGV小车实时控制中实现10ms超低时延，助力海尔、富士康等企业建设低时延全连接工厂。

3.针对难题三，探索了异构资源动态协同调度与能效均衡优化机制。发明了基于分布式智能决策的资源动态分配算法，构建了跨域资源协同调度框架，通过混合业务流动态适配与能效优化技术，成功研制高性能异构资源调度引擎。该技术体系在复杂业务场景下实现了三大突破性提升：在跨域协同场景中，算力资源利用率提升30%-40%；工业控制场景下任务响应时延从100ms优化至10ms；通过创新的混合业务流适配技术，系统能耗降低20%-25%，有效解决了高并发业务场景下的资源动态调度难题。

项目从工业感知、网络通信、资源调度三个层面构建了集算法创新、技术

突破和装备研制于一体的工业互联网智能协同优化体系，共计授权专利27项，发表SCI检索论文14篇，牵头制定行业标准6项。

5.主要完成单位:

阳光学院、福建新大陆自动识别技术有限公司、厦门大学

6.主要完成人及其贡献:

1. 郭栋，在智能识别技术领域取得重要突破，其主导研发的"一种多信息载体数据卡及数据读取装置以及使用方法"，创新性地提出了多信息载体协同处理方案，通过优化数据卡结构与读取装置的协同工作机制，显著提升了复杂工业环境下多模态信息载体的识别效率和可靠性。

2. 罗成立，在分布式网络通信技术领域取得重要突破，其参与研发的"分布式无线传感器二跳分簇路由协议方法及存储介质"创新性地提出了适用于工业物联网的高效分簇路由算法，通过优化二跳分簇结构和动态路由机制，显著提升工业环境下无线传感器网络的通信效率和能耗表现。

3. 余志民，主导研发的"一种用于BLE网格网络的新型非均匀功率形成方法"创新性地提出了基于环境自适应的动态功率控制策略，通过优化BLE网格网络中节点的非均匀功率分配机制，显著提升了工业物联网环境下大规模设备接入的通信可靠性和能效表现。

4. 达新宇，主导研发的"基于高阶累积量WFRFT信号级联调制识别方法"创新性地提出将加权分数阶傅里叶变换与高阶累积量特征提取相结合，在复杂电磁环境下实现了信号调制方式的精准识别。

5. 郭东辉，主导研发的"一种用于单组播混传的交换网络的调度方法"创新性地提出了单播与组播混合传输的智能调度机制，通过动态流量感知与优先级调度算法的协同优化，为项目的超低时延自组织网络架构提供了关键技术支撑。

6. 贺珊，主要负责项目实施管理工作。参与相关课题项目的研究技术开发，并主要负责协调各合作单位间的技术管理。

7. 郭锋，现任福建新大陆自动识别技术有限公司研发中心副总经理兼研究院院长，在项目中主导机器视觉识别检测相关工作。

8. 许健，负责项目中的构建统一技术平台和技术演进方向，建立产品统一硬件基础、软件架构、授权体系以及行业软件等产品线规划、开发及管理工作。

9. 陈忠晨，负责本项目大数据平台前后端系统方案设计，以及AI视觉识别技术深度训练系统方案设计，并组织系统研发、测试、评审。

10. 林剑萍，参与研发的"一种基于平衡路由和混合传输的方法和装置"创新性地提出了动态负载均衡与混合传输协同优化机制，为项目的超低时延自组织网络架构提供了关键技术支撑。

7.主要知识产权目录:

1.发明专利、一种畸变 QR 码的解码方法和系统、ZL201510432099.7、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、刘荣生；郭栋；陈文传、有效

2.发明专利、基于畸变图像校正的二维码解码方法和系统、ZL201510432188.1、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、郑云美；陈文传、有效

3.发明专利、基于畸变图像校正的 QR 码解码方法和系统、ZL2015104323054、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、郑云美；齐威宇；陈文传、有效

4.发明专利、RFID 盲区跳频方法及识读设备、ZL202310822738.5、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、丁晟；郭锋；刘啟瑞、有效

5.发明专利、一种识别移动 RFID 标签的方法及设备、ZL202110418897.X、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、陈刚；郭锋；张雅玲、有效

6.发明专利、一种 RFID 防误读盘存系统、ZL202411214751.3、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、林茂宇；丁晟、有效

7.发明专利、一种基于神经网络的自校准系统及方法、ZL202110436697.7、中国、厦门大学、郭东辉；刁基东；肖文润、有效

8.发明专利、基于理想成像平面的散斑结构光标定方法和设备、ZL202110420451.0、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、陈刚；郭锋；胡昊文、有效

9.发明专利、一种多信息载体数据卡及数据读取装置以及使用方法、ZL201910268625.9、中国、福建新大陆自动识别技术有限公司、郭栋；陈海涵；张义锦；庄华强、有效

10.发明专利、一种基于 Banyan 网络和多 FPGA 结构的 EDA 硬件加速方法与系统、ZL202111389032.1、中国、厦门大学、郭东辉；沈云飞；马钦鸿；贺珊、有效

11.发明专利、基于蓝牙网络的分布式拓扑控制方法及终端、ZL202111496615.4、中国、阳光学院、余志民；林剑萍；王琨、有效

12.发明专利、一种基于 5G 小型蜂窝混合再生能源网络的方法和存储设备、ZL202010277257.7、中国、阳光学院、余志民；默汉默德·泰森；林剑萍、有效

13.发明专利、基于蓝牙网络的多网状、环形拓扑控制方法及存储介质、ZL201910485848.0、中国、阳光学院、余志民；林剑萍、有效

14.发明专利、一种基于平衡路由和混合传输的方法和装置、ZL201910998243.1、中国、阳光学院、余志民；林剑萍、有效

15.发明专利、一种结合平衡路由与传输半径控制的方法和存储设备、ZL202010187245.5、中国、阳光学院、余志民；郑瑞恒；林剑萍；罗成立、有效

16.发明专利、基于蓝牙网络的多网状-环形拓扑控制方法及存储介质、ZL201910485848.0、中国、阳光学院、余志民；林剑萍、有效

17.发明专利、一种单光束相干光通信装置、ZL202011012264.0、中国、阳光学院、黄春晖；翟耀宗、有效

18.发明专利、一种用于 BLE 网格网络的新型非均匀功率形成方法、ZL202011534952.3、中国、阳光学院、余志民；谢朝和；黄风华；罗成立；郑瑞恒；林雄；陈旭；林剑萍、有效

19.发明专利、基于高阶累积量 WFRFT 信号级联调制识别方法、ZL201810648403.5、中国、阳光学院、达新宇；梁源；胡航；翟东；徐瑞阳；倪磊；王浩波；潘钰、有效

20.发明专利、联合 WFRFT 预处理的新型自适应编码调制方法、ZL201810648510.8、中国、阳光学院、达新宇；梁源；胡航；翟东；徐瑞阳；倪磊；王浩波；潘钰、有效

21.发明专利、一种用于单组播混传的交换网络的调度方法、ZL202210036597.X、中国、厦门大学、郭东辉；马钦鸿、有效

22.发明专利、一种满足 AXI5-Lite 协议标准的无阻塞 banyan 网络、ZL202210491177.0、中国、厦门大学、郭东辉；马钦鸿、有效

23.发明专利、一种用于单组播混传的 banyan 网络、ZL202210411165.2、中国、厦门大学、郭东辉；马钦鸿、有效

24.发明专利、一种基于 LoRa 网络的电动车无线充电控制方法、ZL201911172284.1、中国、阳光学院、刘文财；王思远；张洁；王江华；吴星华、有效

25.发明专利、一种超宽带可调超表面吸波体单元、贴片阵列及控制方法、ZL2021108071541、中国、阳光学院、冯奎胜；李娜；李桐；林伟、有效

26.发明专利、分布式无线传感器二跳分簇路由协议方法及存储介质、ZL202211582102.X、中国、阳光学院、林剑萍；罗成立；余志民；陈超；郑瑞恒、实审

27.发明专利、集中式最短成链无线传感器网络能量平衡方法及存储介质、ZL202211222783.9、中国、阳光学院、余志民；沈贵萍；王琨；林剑萍；罗成立；黄风华、实审

28.实用新型专利、一种偏振光 Stokes 参量的选择器、ZL2019221716397、中国、阳光学院、黄春晖、有效

29.实用新型专利、一种内嵌保偏波片组的互注入固体激光器、2019220546026、中国、阳光学院、黄春晖；任远、有效

8.代表性论文专著目录:

1. IEEE Systems Journal、 Optimization of Partially Offloading Mobile User Tasks to Fog Computing Network、 4.0、 Vol. 17 no. 3、 2023.9.1、 SCI、 1、 1/Chia-Cheng Hu

2. Journal of Internet Technology、 End-to-End Deep Learning-Based Human Activity Recognition Using Channel State Information、 0.9、 22(2):271-81、 2021.3、 SCI、 5、 1/Chaur-Heh Hsieh, 2/Jen-Yang Chen, 3/Chung-Ming Kuo, 4/Ping Wang

3. Sensors、 Detection of Atrial Fibrillation Using 1D Convolutional Neural Network、 3.4、 20(7):2136、 2020.4、 SCI、 124、 1/C.H. Hsieh, 2/Y. S. Li, 3/B. J. Hwang, 4/C. H. Hsiao

4. Journal of Intelligent Manufacturing、 Efficient textile anomaly detection via memory guided distillation network、 5.9、 pp.1-6、 2024.7、 SCI 、 1 、 1/Yang, 2/Jingyu, 3/Haochen Wang, 4/Ziyang Song, 5/Feng Guo, 6/Huanjing Yue

5 . International Symposium on Automation Mechanical and Design Engineering、 NLFA: A Non Local Fusion Alignment Module for Multi-Scale Feature in Object Detection、 0.0、 pp. 155-173、 2022.12、 SCI、 1、 1/Xue, 2/Honghui, 3/Jinshan Ma, 4/Zheyi Cai, 5/Junfang Fu, 6/Feng Guo, 7/Wei Weng, 8/Yunxin Dong, 9/Zhenchang Zhang

6. Journal of Internet Technology、 An Affordable Intelligent Navigation Backpack for the Visually Impaired: Deep Learning-Based Obstacle Detection and Real-Time Navigation with RGB-D Integration、 0.9、 26(2):265-71、 2025.3、 SCI、 0、 1/Luo, 2/Cheng-Li, 3/Hai Xu, 4/Min Liu, 5/Shu-Chuan Chu

7.IEEE Access、 Peer-to-peer data dissemination for deadline-sensitive streaming in vanets、 3.4、 vol. 8、 2020.8、 SCI、 11、 1/Chia-Cheng Hu

8. IEEE Internet of Things Journal、 BRATRA: Balanced Routing Algorithm with Transmission Range Adjustment for Energy Efficiency and Utilization Balance

in WSNs, 8.2, 10(2):1096-111, 2022.9, SCI, 9, 1/Yu, 2/Chih-Min, 3/Meng-Lin Ku, 4/Li-Chun Wang, 5/Feng-Hua Huang, 6/Wen-Kang Jia

9. IEEE Internet of Things Journal, D2CRP: A Novel Distributed 2-Hop Cluster Routing Protocol for Wireless Sensor Networks, 8.2, 9(20):19575-88, 2022.2, SCI, 54, 1/Chen, 2/Chao, 3/Li-Chun Wang, 4/Chih-Min Yu

10. IEEE Internet of Things Journal, DORA: A Destination Oriented Routing Algorithm for Energy-Balanced Wireless Sensor Networks, 8.2, 8(3), pp.2080-2081, 2020.9, SCI, 62, 1/Wang, 2/Kun, 3/Chih-Min Yu, 4/Li-Chun Wang

11. IEEE Internet of Things Journal, Joint shortest chain and fair transmission design for energy-balanced PEGASIS in WSNs, 8.2, 10(8):6803-17, 2022.12, SCI, 7, 1/Wang, 2/Kun, 3/Chih-Min Yu, 4/Meng-Lin Ku, 5/Li-Chun Wang, 6/Wen-Kang Jia

12. Future Generation Computer Systems, Minimizing Executing and Transmitting Time of Task Scheduling and Resource Allocation in C-RANs, 6.4, vol. 108, 2020.02, SCI, 6, 1/Chia-Cheng Hu

13. IEEE Internet of Things Journal, Profit-Based Algorithm of Joint Real-Time Task Scheduling and Resource Allocation in C-RANs, 8.2, vol. 8, no. 2, 2021.1, SCI, 9, 1/Chia-Cheng Hu

14. Journal of Internet Technology, PISP: A New Practical Information ghared Platform on Intelligent Buses for Campus, 3.4, 2025.2, EI, 0, 1/heng-Li Luo, 2/Shu-Chuan Chu, 3/Hai Xu

9.其他支撑材料目录:

- (1) 查新报告
- (2) 评价报告
- (3) 各单位合作证明