

2018 年度高等学校科学研究优秀成果奖（技术发明奖）项目 公示

项目名称：面向物流的多源感知网络部署与传输技术及其应用

完成单位：南京邮电大学、南京三宝科技股份有限公司、江苏省精创电气股份有限公司

推荐单位：南京邮电大学

项目简介：

一、项目的研究意义

当前，多源感知网络在行业应用中存在如下问题：

- 1) 感知设备部署形式单一，缺乏对空间环境的适应性且终端定位精度低开销大；
- 2) 数据收集方式简单，网络健壮性较弱，数据收集的时空效率较低且能耗高；
- 3) 路由无法兼顾网络服务质量、密钥存储空间、数据优先级差异化；
- 4) 未实现一个面向不同规模应用的统一软硬件平台。

为此，本项目旨在为多源感知网络提供一种多维、低冗余的部署方法和实时、高精度定位策略，同时实现高效数据收集与信息获取，并由此构建基于泛在编址的安全传输系统，推动多源感知网络在智慧物流和智能交通等领域的产业化应用。

二、主要科技内容及技术创新

- 1) 发明了一种低冗余的多源感知网络多维空间部署方法；
- 2) 实现了一类静-动结合的高效数据收集策略；
- 3) 设计了一套基于 IPv6 的安全路由机制及基于位置隐私的延迟容忍数据传输方法；
- 4) 构建了一个多源感知网络软硬件集成平台，将系统拓展至智能交通、冷链物联网、海关物流等领域，产生了显著的经济效益。

三、技术指标

1) 节点单跳达 1.0km，最多可支持 65535 个节点同时组网，支持多种软硬件编码方式；标签传感设备可在 433MHz、920MHz 与 2.4GHz 频率间自由切换；电子关锁可实现近 100 米的无线通信，支持 125 个频道和 GFSK 调制方式，最高传输速率达 1Mbit/s；2) 多源感知网络部署与覆盖增强方法可适用于多种空间环境；定位实时性强、精度可达厘米级；3) 基于优先级的 IPv6 安全传输方法可支持 4 种优先级、3 种优先程度、18 种隐私转换规则，密钥长度为 256bit；4) 基于分组的多源感知网络密钥分配方法中，不同分组采用不同的对称多项式，每个多项式应用次数不超过 $t-1$ 次，解决了密钥更新和网络规模的限制；5) 基于多重二叉数据收集树结构和最小连通支配集方案，使网络具备了高鲁棒性的数据收集能力

和大规模部署下的强自愈能力；6) 基于内外区域划分技术和“静、动结合”的数据收集机制，网络实现了高实时性且确保吞吐量均衡的多源感知数据交互。

四、技术成果

1) 发明专利申请 35 项，授权 21 项，专利许可 1 项，软件著作权 3 项；2) 论文 150 余篇，SCI/EI 收录 122 篇，出版论著 4 部，合计被引 783 次；3) 科技查新报告 4 份，检测报告 1 项。

五、应用推广及经济效益

1) 本项目所发明的多源感知网络部署与传输技术，已成功应用于智能交通、海关、冷链物流等重要领域；基于发明点 2 和 3 的海关智能卡口系统在江苏海关普及率达 98%，在全国超过 80%的海关中使用；基于发明点 1、4 的智能交通系统在全国推广面达 85%。南京三宝科技股份有限公司被国家海关总署认定为《海关智能卡口系统》总集成商；江苏省精创电气股份有限公司获得 2015 年中国冷链物流“金鼎奖”暨最佳用户口碑奖。

2) 产品成本控制得当，投入产出比值低，基于核心发明的技术应用，近三年累计实现了新增利润 10.5 亿元，实现税收 1.79 亿元。

推广应用情况：

本项目技术发明中的多源感知标签传感网和智能关锁在江苏智运科技发展公司、重庆寸滩港、厦门市保税物流园区等物流单位广泛使用；本项目所设计与实现的多源感知网络部署与传输技术在智能交通领域的相关应用单位包括：江苏瑞福智能科技有限公司、江苏沿海高速公路、浙江诸永高速路段、广西灵峰（桂粤界）至八步高速路段、和安康至毛坝至陕川界高速路段等；本项目中的多源感知网络数据收集技术及集成化开发平台在福州兴宏达制冷设备有限公司、上海冷王智能科技有限公司等冷链企业也得到了广泛应用。部分应用单位情况如下表所示。

应用单位名称	应用技术	应用的起止时间	应用单位联系人/电话	经济效益(万元)
南京三宝股份有限公司	标签传感网数据交互技术	2012.1-至今	倪新洁/18651867696	近三年新增利润 4.98 亿元，新增税收 8466 万元
江苏省精创电气股份有限公司	基于多源感知网络的冷链物联网技术	2013.6-至今	黄爱博/18505298780	近三年新增利润 3.56 亿元，新增税收 6052 万元
江苏跨境电子商务服务有限公司	多源感知网络多维空间部署	2012.6-至今	张慧荣/13770759494	近三年新增利润 0.43 亿元，新增税收 731 万元
木木三环境科技徐州有限公司	多源感知网络移动数据收集	2012.9-至今	李清文/18626032603	近三年新增利润 0.36 亿元，新增税收 612 万元
南京侨坤制冷设备有限公司	基于 6LoWPAN 的多源感知网络安全路由	2012.9-至今	周宁/13770687198	近三年新增利润 0.21 亿元，新增税收 357 万元
江苏瑞福智能科技有限公司	标签传感网数据交互技术	2013.8-至今	陈炎/13913889921	近三年新增利润 0.15 亿元，新增税收 255 万元
上海冷王智能科技有限公司	多源感知网络实时定位技术	2013.1-至今	刘念/13817181960	近三年新增利润 830 万元，新增税收 141.1 万元
福州兴宏达制冷设备有限公司	基于多源感知网络的冷链物联网技术	2013.1-至今	李波/13067368646	近三年新增利润 710 万元，新增税收 120.7 万元

具体应用可阐述如下——

[应用一] 基于多源感知和实时定位技术的智能交通应用：智能交通治安卡口基于无线多媒体传感器网络、电子车牌(RFID信息采集)、图像识别及处理和无线通信等技术，综合抓拍道路行驶车辆的高分辨率图像；利用部署在卡口的多类型感知节点的空间自组网，可实现对车辆的实时定位和跟踪；通过RFID技术能正确、高可靠辨识车辆；利用IPv6安全路由技术，可实现交通信息的实时上报。同时，利用本项目自主研发的多源感知无线传感网中间件平台软件，实现了对交通流量监控节点和多源感知网络的全面调度，应用场景见图1。



图1 基于多源感知网络的交通流量监控系统及其中间件平台

[应用二] 多源感知网络泛在编址与安全传输技术在医疗冷链方面的使用：主要包括疫苗全冷链温控智能终端产品和疫苗安全监控云平台两部分组成。具有多媒体信息采集、传感、通信、控制、云计算等功能，通过疫苗全冷链温控智能终端产品，基于多类型感控、容器虚拟化等核心技术，构建安全监控云平台，对疫苗及药品生产、存储、运输、销售全冷链安全进行监测、预警和控制，通过海量节点的低时延通信机制和远程控制协议，实现各类智能终端产品无缝接入，为疫苗及药品企业、制冷行业和政府监管部门提供各类冷链PaaS（平台即服务）和 SaaS（软件即服务）服务。主要给生产医疗柜的企业配套智能终端产品及其平台服务。产品配备在北京雪冰源制冷设备有限公司、松下制冷(大连)有限公司

等多家医疗柜和医疗冷藏箱上实现药品全流程品质控制、追溯与监管。应用场景如图2所示。



图2 基于多源感知网络的冷链药品物流系统

[应用三] 基于多源感知网络的多维空间部署技术在食品冷链使用：采用一体化智能多媒体传感器实现运输、贮藏各环节信号的测量，包括环境温度、湿度，仓储系统的电流、电压、压缩机的压力、运输环节的震动、倾斜、位置轨迹、车门及库门开关的检测等。通过系统的诊断实现对储运各环节的自动控制，实现冷链物联网分布式平均动力学温度的自动监控。产品配备在海信容声（广东）冷柜有限公司、西安迎龙制冷有限公司等多家食品展示柜、商超柜及冷库里，对整个食品冷链环节的自动化控制系统，实现从运输、贮藏、到销售的全过程始终处于自动化控制，打造出“从源头到终端”的全程多环节的冷链监控体系，做到“源头有保障，全程有冷链”，软件界面如图3所示。

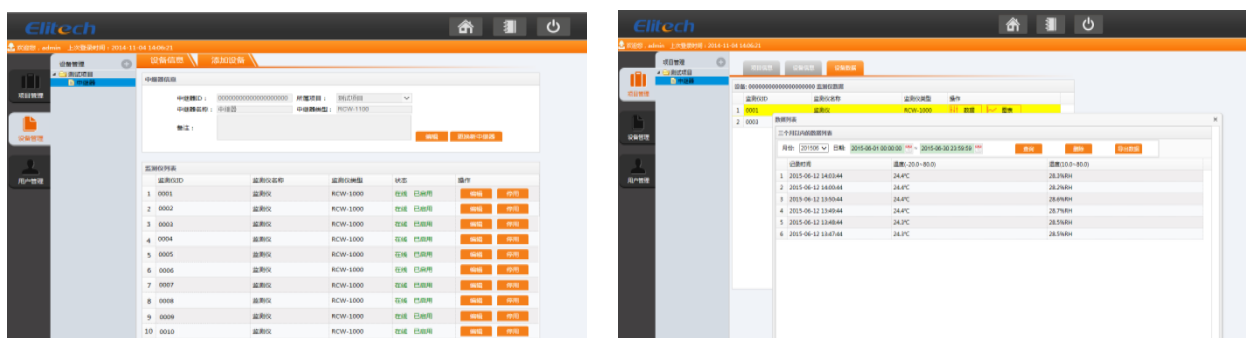


图3 基于多源感知网络的食物冷链系统软件

[应用四] 基于多源感知网络移动数据技术的冷藏车冷链系统：以“CAN总线车载终端、无线通信网络、云计算平台”三大要素为核心，应用“车联网”和“云技术”等科技手段，实现车载冷链物流全程实时控制管理。CCMS开发和市场推广，提升为客户提供系统解决方案和服务的能力。产品直接放到冷藏车内，无需额外安装，集冷链信息化管理多重功能于一体，不仅确保冷链物流各环节信息的准确性、完整性和实时性，同时兼具了99%可访问时间、随时可扩展定制化、按需使用成本低廉、在线升级等云技术优势。应用场景如图4所示。



图 4 基于多源感知网络的冷藏车冷链系统

曾获科技奖励情况：无

主要知识产权目录：

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权或申请号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	面向三维场景的无线传感器网络区域覆盖两级映射方法	中国	ZL2013106131986	2017-03-29	2432581	南京邮电大学	肖甫; 丁文江; 谢星宇; 孙力娟; 王汝传; 郭剑	专利权有效
授权发明专利	基于三维感知的无线传感器网络确定性空间部署方法	中国	ZL2013101651128	2016-01-20	1906052	南京邮电大学	肖甫; 赵帅帅; 王汝传; 孙力娟; 刘林峰; 叶晓国; 邹志强; 郭剑; 李鹏	专利权有效
授权发明专利	一种基于加速度传感器的无线传感器网络节点定位方法	中国	ZL2013102392169	2016-01-20	1930551	南京邮电大学	肖甫; 吴明坛; 王汝传; 黄海平; 黄俊杰; 沙超; 蒋凌云; 徐佳	专利权有效
授权发明专利	一种基于无线传感器网络定位的人员智能看护方法	中国	ZL2012100835168	2013-11-27	1312538	南京邮电大学	肖甫; 孙国霞; 王汝传; 蒋凌云; 孙力娟; 黄海平; 梁彪; 赵强; 徐佳; 沙超	专利权有效
授权发明专利	基于智能演化的无线多媒体传感器网络覆盖增强方法	中国	ZL2010101522566	2012-09-26	1047850	南京邮电大学	肖甫; 孙力娟; 郭剑; 王汝传; 黄海平; 沙超; 叶宁; 蒋凌云; 黄小桑	专利权有效
授权发明专利	基于特定信标传感节点的智能楼宇定位方法	中国	ZL2014100870279	2017-07-11	2548376	南京邮电大学	黄海平; 曹雍; 王汝传; 沙超; 杨耀; 李仕勇; 王凯; 宫天何	专利权有效
授权发明专利	面向多媒体传感网分布式编解码的边信息估计方法	中国	ZL2011104475843	2014-05-07	1397315	南京邮电大学	肖甫; 刘金凯; 孙力娟; 王汝传; 郭剑; 沙超; 黄海平; 蒋凌云	专利权有效

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权或申请号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	一种基于无线传感器网络的分布式目标检测方法	中国	ZL2013102362110	2015-12-02	1864035	南京邮电大学	黄海平; 陈磊; 王汝传; 黄世超; 蒋凌云; 徐佳; 沙超	专利权有效
授权发明专利	一种基于射频标签技术的防盗报警系统	中国	ZL2012100833675	2014-05-07	1396919	南京邮电大学	叶宁; 王忠勤; 王汝传; 梁彪; 赵强; 马守明; 孙力娟; 徐鹤; 肖甫; 黄海平; 林巧民	专利权有效
授权发明专利	基于多重数据收集二叉树的无线传感网数据收集方法	中国	ZL2014104239026	2017-06-16	2523397	南京邮电大学	沙超、沈天呈、宋燕琪、李静、邱建美、陈欢、王汝传、黄海平	专利权有效
授权发明专利	基于节点邻居关系的无线传感网络拓扑自愈算法	中国	ZL2014101916867	2018-01-02	2763334	南京邮电大学	宋燕琪、沙超、李肖肖、刘文、沈天呈、王汝传、黄海平	专利权有效
授权发明专利	基于 IPv6 的无线传感器网络安全路由方法	中国	ZL2014106072376	2018-04-06	2873791	南京邮电大学	黄海平; 陈征宇; 沙超; 宫天何; 王汝传; 徐佳; 李鹏飞; 丁燚	专利权有效
授权发明专利	基于 IPv6 编址的无线传感器网络安全路由方法	中国	ZL2015101264196	2018-03-02	2832737	南京邮电大学	黄海平; 宫天何; 陈征宇; 沙超; 王汝传; 杨静平; 贾明伟; 沈天呈	专利权有效
授权发明专利	基于优先级的 IPV6 异构传感网数据安全通信方法	中国	ZL2014103714465	2017-08-25	2595662	南京邮电大学	黄海平; 宫天何; 陈征宇; 沙超; 李鹏飞; 殷正伟; 伍一鸣; 宗新园	专利权有效
授权发明专利	基于位置隐私的 IPV6 延迟容忍传感网的数据传输方法	中国	ZL2014103862414	2017-07-11	2549251	南京邮电大学	黄海平; 李鹏飞; 沙超; 王汝传; 陈征宇; 丁燚; 沙丹; 李峰	专利权有效

知识产权类别	知识产权具体名称	国家(地区)	授权或申请号	授权日期	证书编号	权利人	发明人	发明专利有效状态
授权发明专利	一种基于分组的无线传感器网络密钥分配方法	中国	ZL2015100442891	2018-02-09	2813424	南京邮电大学	梁彪; 辛柯俊; 邹涛; 王恒康; 秦中元	专利权有效
授权发明专利	一种基于无线网的交通安全控制方法	中国	ZL2014101243320	2015-10-28	1831871	南京邮电大学	肖甫; 刘传武; 王汝传; 黄海平; 沙超; 蒋凌云; 黄俊杰	专利权有效
授权发明专利	智能卡口令认证及修改密码方法	中国	ZL2015101924961	2017-12-05	2727597	南京邮电大学	黄海平; 李正韬; 伍一鸣; 吴敏; 李艳; 王汝传; 沙超; 蒋凌云	专利权有效
授权发明专利	基于 Chirp 信号的无源 RFID 电子标签谐振频率检测系统及方法	中国	ZL2012105395709	2015-07-08	1722148	南京邮电大学	梁彪; 姜禹; 邹涛; 吴剑	专利权有效
授权发明专利	一种自动式工程车空调控制方法	中国	ZL2012102793511	2015-07-01	1713590	南京邮电大学	刘纪宇; 李超飞; 程陆军	专利权有效
授权发明专利	基于 RFID 的列车智能综合监管系统及其工作方法	中国	ZL2012105466672	2016-04-20	2036414	南京邮电大学	梁彪; 姜禹; 邹涛; 吴剑; 辛柯俊; 李钢	专利权有效
计算机软件著作权	基于无线传感器网络的安卓端老幼安全监测平台	中国	2018SR079819	2018-01-31	02296715	南京邮电大学	张路, 沙超, 谈冬冬, 陆仪, 任春晖, 王启威, 孙洋, 刘芹, 宋丹丹, 黄海平, 王汝传	专利权有效
计算机软件著作权	基于无线传感网络的老幼安全防范系统交互软件	中国	2018SR077750	2018-01-31	02296485	南京邮电大学	张路, 沙超, 谈冬冬, 陆仪, 任春晖, 王启威, 孙洋, 刘芹, 宋丹丹, 黄海平, 王汝传	专利权有效
计算机软件著作权	基于无线传感网络的老幼安全防范系统数据收集软件	中国	2018SR077744	2018-01-31	02296484	南京邮电大学	张路, 沙超, 谈冬冬, 陆仪, 任春晖, 王启威, 孙洋, 刘芹, 宋丹丹, 黄海平, 王汝传	专利权有效

主要完成人情况表：

肖甫

排名：1

技术职称：教授

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对本项目技术创造性贡献：

作为项目负责人，全面负责项目的规划、执行、验证和应用。领导研发了多源感知网络部署与传输软硬件综合平台，发明了多源感知网络高能效多维空间优化部署与泛在网络节点智能定位方法。领导实施了基于多源感知网络的冷链物联网食品药品安全管理平台并创造性地提出了标签传感网的设计方案。对发明点 1、2、4 做出了重大创造性贡献。发表与本项目相关的论文、专著 50 余篇（部），获得与本项目相关的发明专利授权 8 项，获得与本项目相关的发明专利申请 18 项。

曾获国家科技奖励情况：无

黄海平

排名：2

技术职称：教授

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对本项目技术创造性贡献：

领导研发了基于多源感知网络的城市智能交通应用系统，完成了其测试验证与推广应用工作。领导研发了基于 IPv6 的多源感知网络安全路由技术与网络安全密钥管理技术。领导研发了基于全 IP 编址的泛在感控网络组网与多跳信息传输系统，重点对其适配层的协议转换机制进行了测试与验证。对发明点 1、3 做出了创造性贡献。发表同本项目相关的学术论文 30 余篇，获得与本项目相关的发明专利授权近 10 项，获得与本项目相关的发明专利申请 12 项。

曾获国家科技奖励情况：无

沙超

排名：3

技术职称：副教授

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对本项目技术创造性贡献：

领导研发了多源感知网络数据收集技术及拓扑自愈技术，并在此基础上领导实现了 IPv6

over WSN 的泛在设备组网与编址体系架构。协助研发了多源感知网络软硬件集成开发平台。构建了基于 ZigBee 的保障 QoS 的多跳多路径传输系统，并实现了其在冷链物联网、智慧海关物流等领域的应用。对发明点 2、3、4 做出了创造性贡献。发表同本项目相关的学术论文 10 余篇，获得同本项目相关的发明专利授权 4 项，获得与本项目相关的发明专利申请 7 项。**曾获国家科技奖励情况：无**

王汝传

排名：4

技术职称：教授

工作单位：南京邮电大学

完成单位：南京邮电大学

对本项目技术创造性贡献：

领导研发并构建了面向多源感知的标签传感网，并将其成功应用于冷链物联网物流配送系统中，实现了基于矢量和标量混合感知及 WSN 与 RFID 混合传输的冷链环节物流监控、信息通告等功能。协助研发了多源感知网络组网与编址测试验证，协助研发了面向泛在感知环境的智能电子关锁，实现在海关龙门架的布署和运维。对发明点 2、4 做出了创造性贡献。发表与本项目相关的学术论文 10 余篇，获得同本项目相关的发明专利授权 3 项，获得与本项目相关的发明专利申请 5 项。

曾获国家科技奖励情况：无

梁彪

排名：5

技术职称：高级工程师

工作单位：南京三宝科技股份有限公司

完成单位：南京三宝科技股份有限公司

对本项目技术创造性贡献：

领导研发了多源感知网络中的超高频 RFID 电子标签技术规范和空中接口协议，根据 ISO/IEC 18000 6C 协议开发了超高频 RFID 芯片 QR2235；在开发过程中重点开展了超低功耗模拟电路设计研究、超低功耗数字基带电路设计；同时，为了降低芯片的成本，对芯片面积进行了优化；在芯片设计过程中还开展了数据加密和安全认证技术研究。电子关封产品规模生产时，负责其测试需求和芯片测试技术的可靠性研究。对发明点 4 做出了创造性贡献。获得同本项目相关的发明专利授权 3 项。

曾获国家科技奖励情况：无

李超飞

排名：6

技术职称：高级工程师

工作单位：江苏省精创电气股份有限公司

完成单位：江苏省精创电气股份有限公司

对本项目技术创造性贡献：

领导研发了基于多源感知网络部署与传输技术的冷链物联网前端感知设备和综合信息处理平台，领导构建了面向冷链物流的云监控平台。协助研发了无线传感网和无线多媒体传感网软硬件集成系统平台，设计了基于 Agent 的无线多媒体传感网中间件软件，协作完成了基于泛在感控终端的无源感知系统的调试与测试。对发明点 2、4 做出了创造性贡献。

曾获国家科技奖励情况：无