

附件 1

第十届“挑战杯”首都大学生课外学术科技作品竞赛  
北京工业大学校内选拔赛

# 作品申报书

作品名称： 基于 LoRa 通信实现的助老服务机器人

学校全称： 北京工业大学

申报者姓名

(集体名称)： 王子豪 李天畅 高源

类别：

- ☐ 自然科学类学术论文
- ☐ 哲学社会科学类社会调查报告和学术论文
- ☒ 科技发明制作 A 类
- ☐ 科技发明制作 B 类

# 说 明

1. 申报者应在认真阅读此说明后按要求填写。
2. 申报者在填写申报作品情况时只需根据个人项目或集体项目填写 A1 或 A2 表，根据作品类别（自然科学类学术论文、哲学社会科学类社会调查报告和学术论文、科技发明制作）分别填写 B1、B2 或 B3 表。所有申报者可根据情况填写 C 表。
3. 申报书内项目一律用钢笔填写或打印，字迹要端正、清楚。此申报书可复制。
4. 本届竞赛作品相关材料将通过网络上传。学术论文、社会调查报告及所附的有关材料必须为中文（若是外文，请附中文本），同时上报打印作品申报书一式 5 份，每件作品的申报书装一个文件袋，要在文件袋封面标注学校名称和第一作者姓名。书面材料请寄送至相关竞赛办公室。
5. 作品编码由学校填写，以申报作品在竞赛官方网站获取的作品编码为准。

A2 申报者情况（集体项目）

说明：1. 必须由申报者本人按要求填写；  
2. 申报者代表必须是作者中学历最高者，其余作者按学历高低排列。

申报者代表情况	姓 名	王子豪		性 别	男	出生年月	1998-03-06
	学 校	北京工业大学		系别、专业、年级		都柏林学院物联网专业大三	
	学 历	( B ) A 大专 B 大学本科 C 硕士研究生 D 博士研究生					
	学 制	四年制		入学时间	2016-09-01		
	作 品 名 称		基于 LoRa 通信实现的助老服务机器人				
	毕业论文题目		无				
	通 讯 地 址	北京市朝阳区平乐园 100 号 北京工业大学				邮 政 编 码	100124
						办 公 电 话	
常 住 地 通 讯 地 址	北京市朝阳区平乐园 100 号 北京工业大学				邮 政 编 码	100124	
					住 宅 电 话		
其他作者情况	姓 名	性 别	年 龄	学 历	所 在 单 位		
	高源	男	22	本科	北京工业大学		
	李天畅	男	21	本科	北京工业大学		

### B3 申报作品情况（科技发明制作）

说明：1. 必须由申报者本人填写；

2. 作品分类请按照作品发明点或创新点所在类别填报。

作品全称	基于 LoRa 通信实现的助老服务机器人
作品分类	<p>（ B ） A、机械与控制（包括机械、仪器仪表、自动化控制、工程、交通、建筑等）</p> <p>B、信息技术（包括计算机、电信、通讯、电子等）</p> <p>C、数理（包括数学、物理、地球与空间科学等）</p> <p>D、生命科学（包括生物、农学、药学、医学、健康、卫生、食品等）</p> <p>E、能源化工（包括能源、材料、石油、化学、化工、生态、环保等）</p>

<p>作品设计、发明的目的和基本思路、创新点、技术关键和主要技术指标</p>	<p><b>1 设计发明目的</b></p> <p>目前，全世界 60 岁以上的老年人口已达到 6 亿，人口老龄化成为世界范围的重大社会问题。截至 2018 年，我国 60 岁及以上老年人口已超过 2.4 亿，占我国总人口的 17.3%，预计到 2050 年，中国老年人口将达到 4.8 亿。人口的加速老龄化使医疗和社会保险系统面临前所未有的压力，高龄老年人自我照料能力差，且目前我国养老服务存在如：护理费用高、护理条件差、养老服务人员短缺等问题。因此，研制开发助老服务机器人产品，为老年人以及身体不便的人群提供诸如日常生活保障方面的服务，这对于提高老年人群生活质量，以及保证我国社会的稳定发展具有重要作用。</p> <p>近几年来我国推行多项利好政策，其中智能养老是热门话题之一，智能养老是指，通过物联网技术，在家居中植入芯片，使老年人的日常生活处于实时监测状态。我们团队意识到：机器人正是实现对智能家居进行自动控制的有效手段，如果把机器人和物联网技术相结合，构建机器人与智能家居联动的一体化智能养老体系，将会有效缓解我国养老服务业日益增长的需求压力，并且对推动我国向智能养老转型也会有所贡献。</p> <p><b>2 基本思路</b></p> <p>在作品设计初期，为了了解目前老年人的需求，我们针对我国老年人的养老生活现状查阅了相关文献并做了市场调研。结果显示：在我国老年人的居家养老服务需求中，需求最多的是日常生活保障服务，占 81.8%，其次是居家安全保障，占 44.3%。此外，值得注意的是，</p>
--	--

文化教育服务以及精神慰藉服务也是近年来老年人逐步增长的需求，分别占比 34.8%以及 34.5%。

本项目中，针对老年人对生活保障服务的需求，我们开发了环境实时监测功能，机器人可以实时收集老年人家中的环境数据（包含温度、相对湿度、二氧化碳浓度等），将传感器数据进行解码并汇总，基于老人个性化需求进行针对性调控，达到使周围环境使其适宜居住的目的（例如控制空调调节室内温度以及开关窗帘调节光线等），通过物联网技术实现助老服务的家庭自动化（Home Automation）。

针对老年人对独居安全的需求，我们为机器人开发了动态离线人脸识别和语音紧急求助功能。通过人脸识别功能，机器人可以检测到家中是否有陌生人进入，并触发自动报警。通过语音紧急求助功能，当家中突发意外，例如老年人摔倒等情况发生时，老年人可通过向机器人说出“紧急求助”命令进行语音报警求助。

针对独居老人对文化教育服务的需求和精神方面缺乏陪伴的问题，我们设计了智能语音识别功能满足老人在这方面的需求。通过语音识别，老年人除了可以对机器人的日常任务进行控制外，还可以和机器人进行语音交互，让机器人播放娱乐节目、向机器人询问天气等。在此基础上，我们设想最终实现智能语音沟通，利用此项功能在最大程度上缓解独居老人缺乏与人沟通的问题。

3 创新点

创新点一.

我国去年发布的中国城乡老年人生活状况抽样调查结果显示：我国失能、半失能老年人约为 4063 万人，占老年人口的 18.3%，这类人群是庞大的老年群体最令人忧心的一部分。不难看出，为失能老人群体提供基本生活保障服务是现实存在的一大需求。然而，在养老服务业中，针对此类人群的个性化设计常常被忽视，目前市场上的机器人普遍没有针对老年人的身体情况进行环境调控的功能。本着弥补此方面的空白并且提升失能老人生活质量的初衷，我们设计了针对性的生活协助功能。

3.1 针对失能老人的生活协助功能

3.1.1 概述：除了对机械臂进行编程，使其能够实现如端水取药、搬运重物等功能以外，我们还将所学的物联网技术应用到本项目中，实现了机器人与智能家居联动，通过对电灯、空调等家居的控制，为老人自动调整家中光照、温湿度等，使环境适合居住。在为老人提供生活协助的基础上，我们未来还将计划实现通过大数据对从老人身上收集到的身体指标进行分析，为老人提出医学上的生活指导建议（如检测到血糖含量过高时，机器人自动发送信息通知老人亲属，并提醒老人及时吃药）。随着技术的发展，我们在后续还计划实现通过机械辅助装置帮助老人做饭做菜，辅助残障人士站立等功能。

3.1.2 技术关键：通过两个 ADXL345 加速度传感器实现对手臂的角度感知，ADXL345 传感器通过总线通信在 Arduino 上将手臂角度转换为机械臂角度控制信号，控制信号通过 LoRa 模块传送给机器人端，实现对机械臂的实时控制。其中，通过加速度计算角度是实现这一功能的重点，这种方法在文献中已有数学结论。

创新点二.

经过前期市场调研，我们发现，目前服务类机器人普遍具有空间模型构建、语音控制等功能，这些功能都已经较为完善，例如 Jibo 公司所开发 Social Robot。但我们经过研究发现，同类型产品中很少能注重老人在安全方面的需求，而对于独居老年人，安全问题是重中之重。基于这样的理念，我们开发了机器人的动态人脸识别功能用以保障老年人的居住安全。

### 3.2 动态离线人脸识别功能

3.2.1 概述：系统可以在离线状态下进行动态陌生人识别，当检测到陌生人时，机器人将会触发自动报警，保障老人的居家安全。

3.2.2 技术关键：我们将人脸识别算法的训练部分(train set)和测试部分(test set)放置于机器人 ROS 系统中，并将训练和优化算法也整合入系统，训练出的图像识别算法模型在机器人 ROS 内部运行，可在无网络环境下进行动态人脸的监测。检测速度因处理器速度而异，但较传统机器学习



算法 SDLFA, POIC 等有更快的识别速度, 且在数据量极少的情况下也能保证较高准确率。

4 主要技术指标

- 4.1 人脸及语音识别准确度, 人脸识别千万分之一误报下的识别准确率达到 90%, 语音识别字正确率达到 96.5%。
- 4.2 机械臂抓取准确性, 采用 ADXL345 三轴加速度计, 13 位分辨率, 测量范围±16g。
- 4.3 助老环境地图构建完整度, 机器人摄像头采集彩色、深度图像完成地图构建及定位, 平均定位误差小于 5cm。
- 4.4 传感器模块通信有效距离及信息准确度, LoRa 墙体穿透能力强 (在信号强度衰减至链路预算以下前应保证至少穿过 10 层混凝土墙体)。
- 4.5 室内巡航安全性, 具有动态避障和越障能力, 可越过 15mm 高度和 25°陡坡。
- 4.6 三轴全向地盘移动速度应小于 2m/s, 限制机器人运动速度, 避免硬件损坏。

<p>作品的科学性、先进性（必须说明与现有技术相比该作品是否具有突出的实质性技术特点和显著进步。请提供技术性分析说明和参考文献资料）</p>	<div data-bbox="392 210 568 255"> <h2>1 科学性</h2> </div> <div data-bbox="448 277 1401 806"> <p>在算法设计上，为了给老人营造良好的生活体验，避免出现语音响应速度慢、开关灯不及时等问题，我们采用话题（<b>topic</b>）与节点（<b>node</b>）的通信框架，通过算法合理分配等待队列所占用的内存空间，使得实例化新发布者、制定话题建立通信节点时在算法层面上最大程度提高 <b>CPU</b> 利用率，以提高使机器人与外界互动时的响应速度，进而提升老年人使用助老服务机器人的生活体验。</p> <p>此外，为了满足养老服务的个性化需求，并达到最优设计，我们整合了机器人语音控制以及通讯模块，老人可以通过语音调整机器人的各项参数指标（包括行进速度、定时巡航时间等）以及通过语音进行无线通讯。</p> </div> <div data-bbox="392 1178 568 1223"> <h2>2 先进性</h2> </div> <div data-bbox="448 1245 1401 1848"> <p>在调研的过程中我们还发现，目前智能家居主要采用 <b>ZigBee</b> 通讯技术进行无线传输，<b>ZigBee</b> 具有功耗低（工作模式平均功耗为 130-135mW）、延时短（节点连接时间 30ms）等优点，但 <b>ZigBee</b> 技术传输距离近（有效距离 10-100m）、通信稳定性不足、信号穿透力弱（穿过一面钢筋混凝土墙壁信号损失为 15-20dBm，穿过两面墙壁时信号将会衰减至最小正常通讯强度以下，使得物联网主流通信 2.5GHz 频段效果大打折扣）等缺点限制了 <b>ZigBee</b> 在家庭物联网组网的发展。</p> </div>
--	---

**实现抗干扰准确通信：**基于以上原因，我们决定采用另一种无线通讯技术 LoRa 进行信息交互。与 ZigBee 技术相比，LoRa 通信具有的优点是：穿透力强（使用低频率信号 433MHz 或 868MHz，一般可穿透 10 层钢筋混凝土墙壁），抗干扰能力强（采用数字扩频，即使相同频率信号也不会互相干扰，相比于 ZigBee 有很大提升），信息准确性极高（融合了数字信号处理和前向纠错技术，即加入校验位，使错误码位可以及时被纠正，保证了信息的可靠性），在这些优点的基础上，LoRa 略低的传输速率（0.3-50kbps，足够支持家庭物联网通讯）是可以接受的。

在实际生活场景中，桌椅位置常常会变化，能让机器人认识到这一点是很重要的，因此机器人需要具备能够检测室内结构变化的功能。

**实现室内环境实时构建：**设备闭环系统利用了控制理论中极为重要的 PID（比例-积分-微分）控制器，实现了室内巡航的精准性与可调整行。我们以该机器人为实验对象，模拟复杂情况下的居室环境（桌椅位置挪动等），进行多次对比验证。实验结果证明：该机器人具备快速、准确地到达室内预定地点的能力，且此过程具有避障功能，当室内部分结构发生改变，全局地图会随着局部地图而自动更新，无需人工操作。

### 3 参考文献资料

- [1] 王田苗.服务机器人辅助老年人生活的新模式与必要性[J].机器人技术与应用, 2010(01)
- [2] 王田苗,陶永,陈阳.服务机器人技术研究现状与发展趋势[J]. 中国科学, 2012(09)
- [3] 张建伟.助老服务机器人系统设计及软件架构[J]. Engineering, 2015(3)
- [4] 张悟悌.中国人口老龄化与老年人状况蓝皮书[M]. 北京: 中国社会科学出版社, 2010
- [5] 张奇林.失能老人子女照料的变动趋势与照料效果分析[J]. 经济学动态, 2018(6)
- [6] 穆光宗.家庭空巢化过程中的养老问题[J]. 南方人口, 2002(1)
- [7] ROS: an open-source Robot Operating System. Quigley M, Gerkey B, Conley K, et al. International Conference on Robotic and Automation (ICRA). 2009
- [8] Robotic home assistant Care-O-bot II. M. Hans, B. Graf. Advances in Human-Robot Interaction. 2004
- [9] Caro-O-bot 3-Rationale for human-robot interaction design. C. Parlitz, M. H. gele, P. Klein, J. Seifert, K. Dautenhahn. Proceedings of 39th International Symposium on Robotics(ISR).2008

作品在何时、何地、何种机构举行的评审、鉴定、评比、展示等活动中获奖及鉴定结果	<b>获奖情况：</b> 1 2018 中国机器人大赛，助老服务机器人-助老环境与安全服务项目二等奖。举办单位：中国自动化学会，教育部高等学校自动化类专业教学指导委员会，宜宾市人民政府。证书编号：Y1805R036A0015 2 第二十届中国机器人及人工智能大赛，人工智能类：智能养老比赛项目一等奖。举办单位：中国人工智能学会，教育部高等学校大学计算机课程教学指导委员会，中国机器人及人工智能大赛组织委员会。
作品所处阶段	（ A ） A 实验室阶段    B 中试阶段    C 生产阶段 D _____（自填）
技术转让方式	无
作品可展示的形式	<input checked="" type="checkbox"/> 实物、产品 <input type="checkbox"/> 模型 <input type="checkbox"/> 图纸 <input type="checkbox"/> 磁盘 <input checked="" type="checkbox"/> 现场演示 <input type="checkbox"/> <input checked="" type="checkbox"/> 图片 <input checked="" type="checkbox"/> 录像 <input type="checkbox"/> 样品

<p>使用说明及该作品的技术特点和优势，提供该作品的适应范围及推广前景的技术性说明及市场分析和经济效益预测</p>	<p>该作品可通过事先存储在机器人指定文件中的任务脚本来完成各种复杂的检测和控制动作，包括语音控制、人脸识别、室内巡航、电灯风扇控制等。本作品具有语音及人脸识别准确度高、室内导航自动避障、可扩展并与外部传感器交互等特点，充分展现了物联网的强大之处，实现家庭式物联网组网。</p> <p>该作品适应范围为老人日常居家环境，旨在提升老人及身体不便人群的生活质量。结合我国国情，我国 60 周岁及以上人口 2.4 亿人，占总人口 17.3%，由此可见，我国人口老龄化增速快、数量大，且规模逐年递增，养老服务需求是我国不可忽视的一大问题。养老服务机器人的存在，可在某种程度上减轻养老服务人员的紧迫需求，本机器人未来考虑逐步向独居老人以及养老院推广，以提高养老服务质量。此外，近年来我国智能家居市场规模突破 3000 亿元，预计未来几年智能家居行业市场规模将进一步扩大。作为有能力与智能传感器联动的服务机器人，该类型的机器人在未来智能家居普及的时代也必将大有可为。</p> <p>谈到经济效益的预测，结合上文所述，并查阅相关经济数据，我们了解到：我国养老产业的现状是养老需求旺盛但市场空间不足，例如养老服务人员少、养老院床位稀缺等。参照其他国家的发展经验，智能养老或成未来主流的养老模式，加快养老服务机器人发展是实现智能养老的有效途径。总的来说，养老服务业是兼具经济与社会效益属性的一大产业，项目完成投产后，机器人可帮助老人改善日常生活，这不仅有利于缓解我国养老服务人员不足的问题，从长远看更有利于优化养老服务产业结构调整，减</p>
---	--

	<p>少资金占用与成本支出，提高服务成果，这是经济效益良好的象征。</p>
专利申报 情况	<div><div><input type="checkbox"/>提出专利申报</div><div>申报号_____</div><div>申报日期        年    月    日</div></div> <div><input type="checkbox"/>已获专利权批准</div> <div>批准号_____</div> <div>批准日期        年    月    日</div> <div><input checked="" type="checkbox"/>未提出专利申请</div>

D. 推荐者情况及对作品的说明

- 说明：1. 由推荐者本人填写；
2. 推荐者必须具有高级专业技术职称,并是与申报作品相同或相关领域的专家学者或专业技术人员(教研组集体推荐亦可)；
3. 推荐者填写此部分,即视为同意推荐；
4. 推荐者所在单位签章仅被视为对推荐者身份的确认。

推 荐 者 情 况	姓 名	刘建丽	性 别	女	年 龄	59	职 称	教授
	工作单位	北京工业大学 北京-都柏林国际学院						
	通讯地址	北京市朝阳区平乐园 100 号				邮 政 编 码	100124	
	单位电话	010-67395292				住 宅 电 话	010-84718958	
推荐者所在 单位签章		同意推荐。  <div>( 签章 )</div> <div>年    月    日</div>						
对 申 报 者 申 报 情 况 真 实 性 的 阐 述		“基于 LoRa 通信实现的助老服务机器人”科技作品通过 3 位学生近一年的研究和开发,已完成上述描述的全部功能,利用该作品参加了 2 次全国科技竞赛,并取得了优异成绩。故申报情况属实,可信。						
对作品的意义、 技术水平、适用 范围及推广前 景的评价		面临已经进入了老龄化的中国,近年来空巢老人正在迅猛增加。利用先进的物联网技术解决老龄化社会面临的挑战是目前重要研究领域之一。  助老服务机器人能够通过各种通讯手段、监控设备以及机械装置的控制为老人提供服务,同时在检测到危险情况时,能够通过网络发出报警信息。该作品具有较强的适用范围和推广前景。						
其它说明								