

第五届全国高校物联网创新应用大赛创意赛作品

多源数据感知下的老幼监护系统



参赛队员：张路、谈冬冬、陆仪

指导教师：沙 超

学校：南京邮电大学

多源数据感知下的老幼监护系统作品说明书

1、作品的设计与发明目的

本作品拟定在近场通讯环境下，研究并实现一套基于多源信息感知和联合决策技术的老幼安全防范系统，为物联网环境下老幼居家安全提供更加可靠的保障。

本作品以近场通讯技术为基础，以多源信息采集技术，无线传感网技术和无线矢量信息传输技术为支撑，将传感器和摄像头联合起来感知信息，进行联合决策，以实现家庭老幼成员行为安全事件的监测功能以及居家环境的监测和异常参数的报警功能。为家庭老幼成员的居家安全提供保障。本作品已完成三个子系统——老人跌倒检测子系统，水电气安全子系统，老人的行踪轨迹监测子系统。

2、作品的基本思路

1) 首先，本作品服务家居，以家庭为范围，本作品首先以当前近场通信中最为流行的短距离多跳传输协议 ZigBee 技术作为标准。在老人跌倒检测子系统中，实现对老人跌倒事件的全面观测和联合决策。服务器端通过收集用户人员身上佩戴的三轴加速度传感器节点数据、鞋子上面的压力传感器数据、室内定位的 RSSI 数据以及室内部署的无线摄像头数据对人员行为进行综合分析，实现多源感知和联合决策，及时准确的监测出突发事件的发生与否。该项功能的实现，不仅提供了更为丰富的家庭感知模式，在一定程度上，也提升了家庭人员行为的安全性。系统架构图如下：

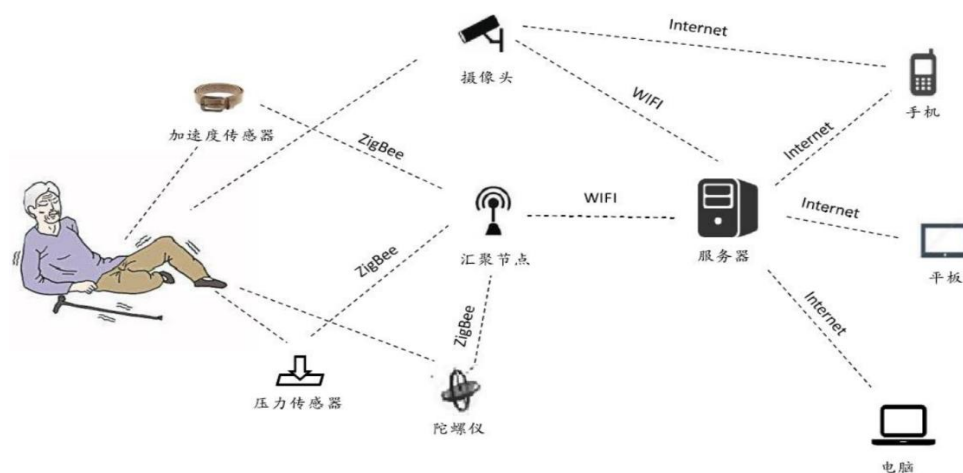


图 1：老人跌倒检测子系统架构图

2) 其次，本作品设计并实现了水电气安全子系统。全面保障居家环境安全。在家庭环境中部署了温度传感器、湿度传感器、CO 传感器、烟雾传感器、PM2.5 传感器，能够联合感知居家的水电气安全。在窗户和门处部署了人体红外传感器，能够结合室内行踪轨迹监测子系统和无线摄像头联合决策可疑人员的入侵，并进行报警，并通过短信、APP 通知推送到手机端。系统架构图如下：

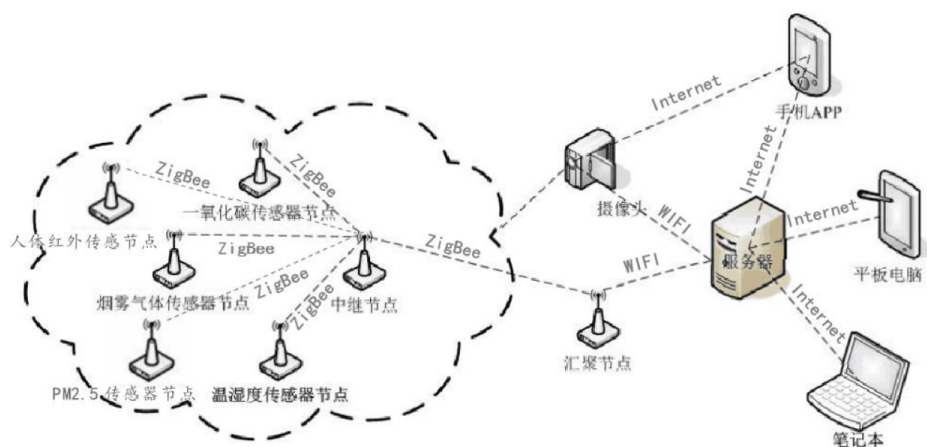


图 2：水电气安全子系统架构图

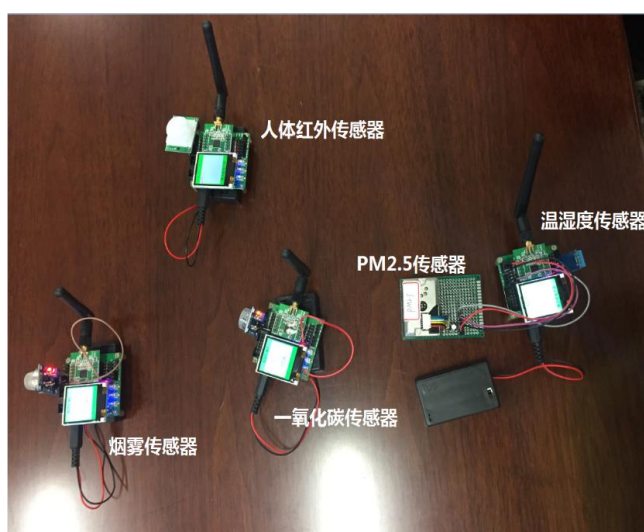


图 3：水电气安全子系统硬件实物图

- 3) 最后，本作品设计并实现了老人的室内行踪轨迹监测子系统。该子系统能够实时监测老人的室内行踪轨迹。采用室内定位技术实时定位老人位置，室内定位方案采用基于 ZigBee 的 RSSI 数据的加权质心定位算法。当老人走到危险位置的时候，能够发出报警，长时间未返回安全位置，则通过短信、APP 通知等方式通知家属，该子系统还能与其他子系统提供室内位置信息服务，进行联合决策。系统架构图如下：

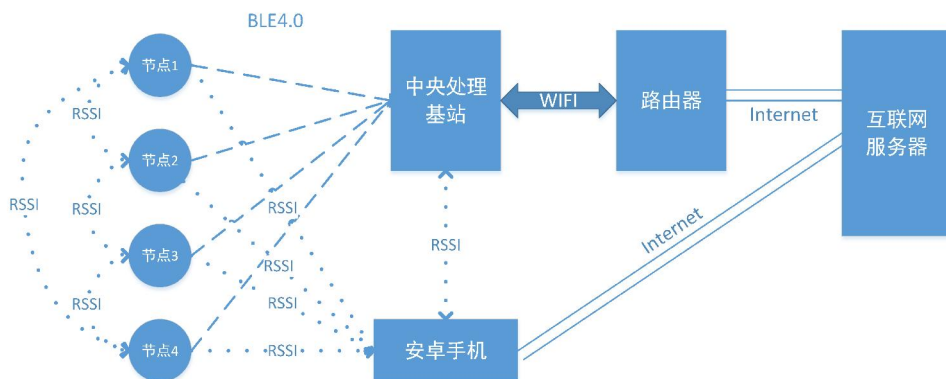


图 4：室内行踪轨迹监测子系统框架图

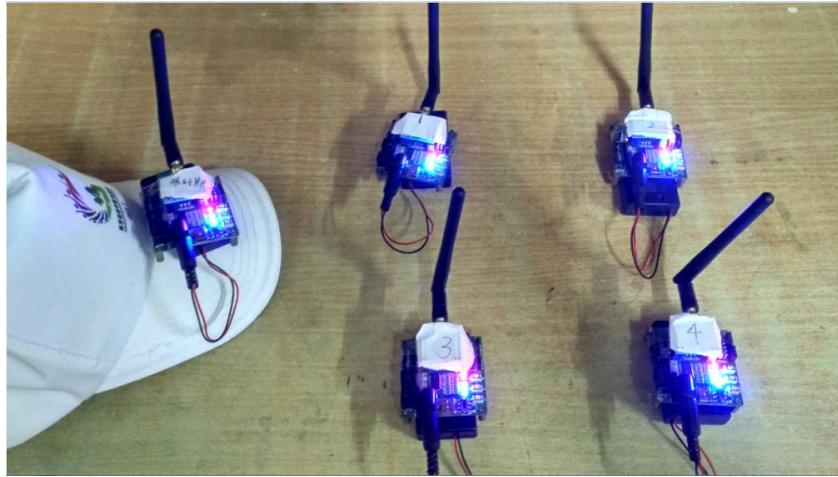


图 5：行踪轨迹子系统实物图

3、作品的创新点

1) 多源信息感知技术

本系统将模拟、数字信号感知技术与矢量、标量信息采集技术相结合，实现了多源化的信息获取，为系统所提供的家庭安全服务提供多重保障。

2) 联合决策技术

传统的单一模式的传感信息往往不能准确反映真实的物理情况，特别是对复杂情况的判断往往不能称心如意，耗费大量人力物力。通过对同一事物从不能角度获取多种传感信息，将这些传感信息进行联合判断，有利于进行精准判断和有效决策。

本作品的联合决策体现如下：

- 目前几乎所有的跌倒检测技术都无法区分缓慢跌倒和自己主动缓慢躺在床上休息。因为这两个行为在动作上面几乎无法分辨。我们通过室内行踪轨迹监测子系统的定位结果来区分老人是跌倒还是主动躺下休息。如果定位的结果是在床上或沙发上，则认为老人主动休息，否则老人跌倒。
- 通过烟雾传感器和温度传感器联合决策是否发生火灾。避免了只用温度传感器，在太阳直射节点的情况下造成的误报。避免了只用烟雾传感器在厨房烹饪产生烟雾的情况下造成的误报。
- 根据老人的室内定位的结果，结合摄像头的位置，调用摄像头下方可以旋转的云台，旋转摄像头，对老人进行实时视频追踪，并拍摄各个系统报警后的图片。
- 老人跌倒后，根据水电气安全子系统监测到的室内环境参数，进行跌倒的原因诊断。例如湿度太高，造成地面湿滑。
- 根据老人行踪轨迹检测子系统的定位结果，来避免老人走到门窗位置造成的人体红外传感器报警。
- 火灾、可燃气体报警后，老人的室内定位结果可以帮助消防员迅速找到老人。
- 老人跌倒后，推送老人的室内位置，服务器根据定位结果向摄像头发送指令，旋转摄像头下方的云台，并向手机端推送摄像头追踪拍摄到的照片，以及老人跌倒前 5 分钟的活动轨迹。

3) 面向老幼的行为安全监测

提出针对老幼行为安全进行监测和判断，打破了传统家庭安防的防火、防盗模式，丰富了物联网下智能家居的体验，使得家庭安防向着更加人性化的方向发展。

4) 硬件成本低，功耗低，产业化能力强

本系统选用 CC2530 和 CC2540 模块作为主芯片，辅以外围电路设计传感器节点，其中 CC2530 用于开发基于 ZigBee 协议的传感器节点，CC2540 用于开发基于 BLE4.0 的蓝牙节点。各节点 SOC 通常都是集成程序存储器、静态存储器、ADC 转换器、定时器和计数器等多功能于一身。选择这样的处理器，会使这个系统的集成度更高，成本更低，功耗更低，并且外形也较小。便于批量化生产。

4、作品的技术关键点

- 1) ZigBee 无线组网与传输技术
- 2) 嵌入式 Linux 开发技术
- 3) 流媒体应用技术
- 4) 安卓应用系统开发技术
- 5) 嵌入式 ARM 和 AVR 系统开发技术及其驱动开发技术
- 6) 云服务器、云数据库开发技术
- 7) 跌倒检测算法的设计与实现
- 8) 多 ZigBee 节点协作的室内定位技术

5、作品的技术指标

1) 作品总体特性与性能指标

系统整体设计目标能够运用联合决策技术准确识别老人跌倒的情况并进行报警，能够判断居家环境的安全性及舒适性，能够对老幼人员走入危险区域的情况进行报警。用于监测老人摔倒的三轴加速度传感器，能够自动识别佩戴姿势的改变并做出主动适应。多个基于 JS9331 开发板的无线摄像头放置在房间的各个位置。用于水电气安全的各个传感器均具备了较高的集成性，可将感知、控制等功能融于一体。用于老幼轨迹监测的 ZigBee 节点粘贴在室内墙壁的固定位置。系统整体架构如下：

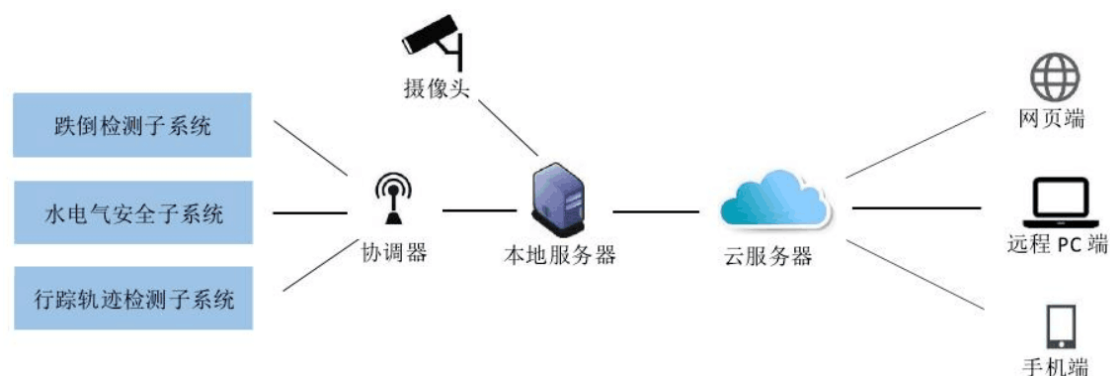


图 6: 系统整体架构图

2) 用于老人跌倒检测的传感器特性与性能指标

该子系统主要由三轴加速度传感器模块，JS9331 无线摄像头模块，联合室内行踪轨迹监测系统的位置信息构成。将数据汇聚到汇聚节点在转发到服务器，由服务器端进行分析和联合决策判断，若判断摔倒，在将摄像机捕捉到的当前人员的画面以及报警信息推送到家属的 APP 客户端和网页端。相关传感节点特性如下：

- MMA8451 三轴加速度传感器：

MMA8451 三轴加速度传感器，16 引脚，QFN 封装，数字 I2C 输出，8 位/14 位精度可选，量程 $\pm 2g/\pm 4g/\pm 8g$ 可选，电源供电 1.95v~3.6v 可选。输出数据速率从 1.56 到 800Hz。有两个可编程的中断引脚，7 个中断源。可检测自由落体、运动、脉冲、振动等、倾角等。

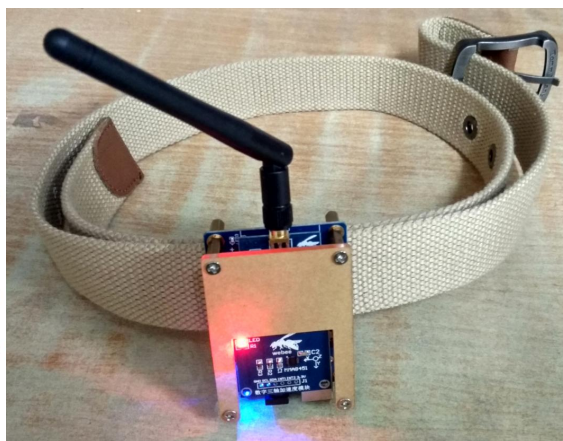
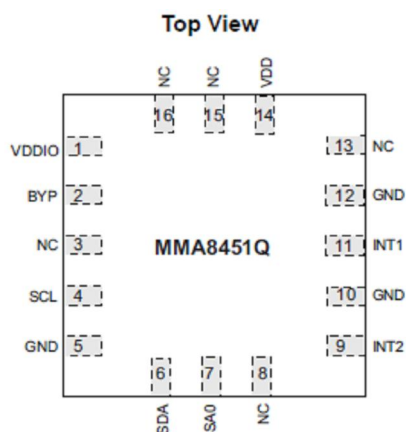


图 7：MMA8451 加速度传感器芯片外形 图 8：加速器节点放置在腰带上的实物图

老人跌倒子系统能够做到在蹲下，起立，跳跃，奔跑、躺下休息等正常活动的不误报并且能正确识别。



图 9：蹲下实际测试示意图

图 10：跳跃实际测试示意图



图 11：跌倒实际测试示意图

3) 用于水电气安全子系统的传感器特性与指标

该子系统由温湿度传感器 DHT11、一氧化碳传感器 MQ7、烟雾传感器 MQ2、PM2.5 传感器 Sharp GP2Y10、人体红外传感器 HC-SR501 组成。各个节点将检测到的数值，通过 ZigBee 网络回送到网关，通过预设程序开启或者关闭加湿器、

风扇、空调等。同时，我们也可以在 LCD 上显示温湿度、CO 浓度等数值。

4) 用于老人室内行踪轨迹监测子系统传感器的特性和指标

由基于 TI CC2530 的 ZigBee 节点组成。通过多个定位的锚节点与待定位节点之间的 RSSI 数据换算成距离，并结合预置的节点位置计算出人员位置。定位误差在 1 米以内。

5) 视频传感设备特性与指标

无线视频传感设备采用 JS9331 开发板，搭载嵌入式 openwrt 系统（一个 Linux 的发行版），配合 UVC 协议的 720P 摄像头，可以在本地服务器通过 WiFi 获取到 JS9331 开发板上摄像头的实时视频流。视频所用的开发版 JS9331 结构图如下：

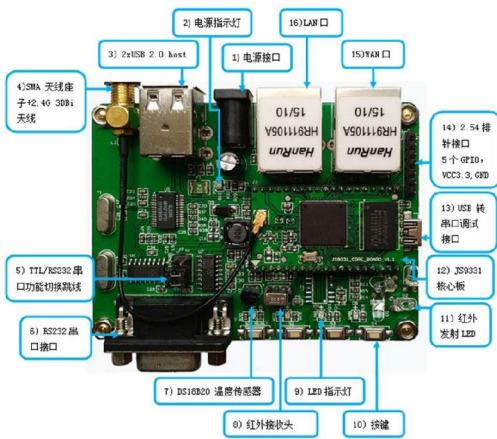


图 12: JS9331 开发板示意图

图 13: 无线视频传感器节点图

6) 上层系统的交互友好、界面美观性。

上层系统包含 PC 端、手机端，PC 端采用 C# 开发，通过阿里云服务器的数据库与手机端实时通信，部分界面如下：



图 14: PC 端信息概览界面



图 15: 手机端水电气安全

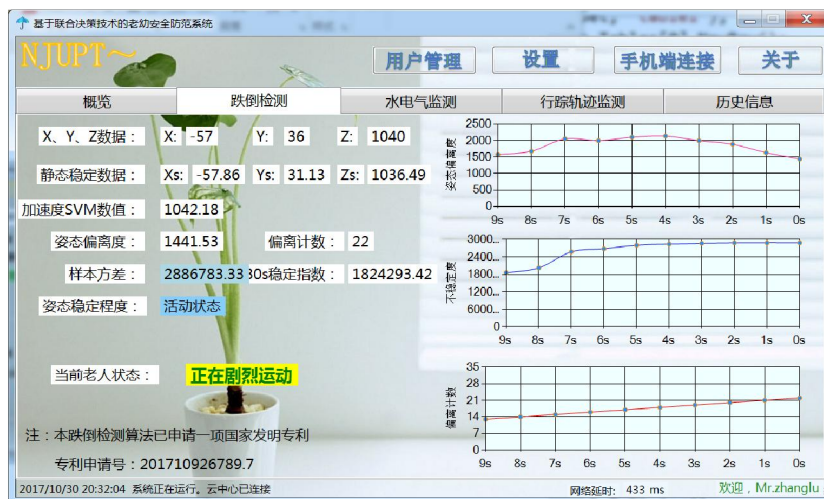


图 16: PC 端跌倒检测子页面



图 17: 手机端老人跌倒检测



图 18: PC 端行踪轨迹监测子页面



图 19: 手机端行踪监测

网页端采用 JavaScript 开发完成，并注册了域名 (njupt.xyz)，成功在工商局完成了 ICP 备案，网站提供了各个版本软件（安卓端、本地服务器、远程 PC 端）的下载链接。

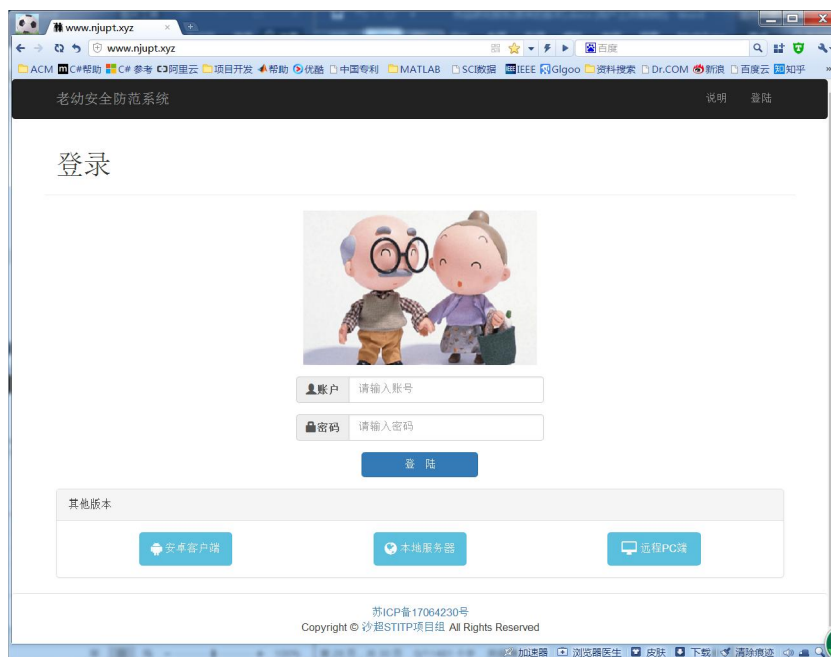


图 20: web 端登录界面

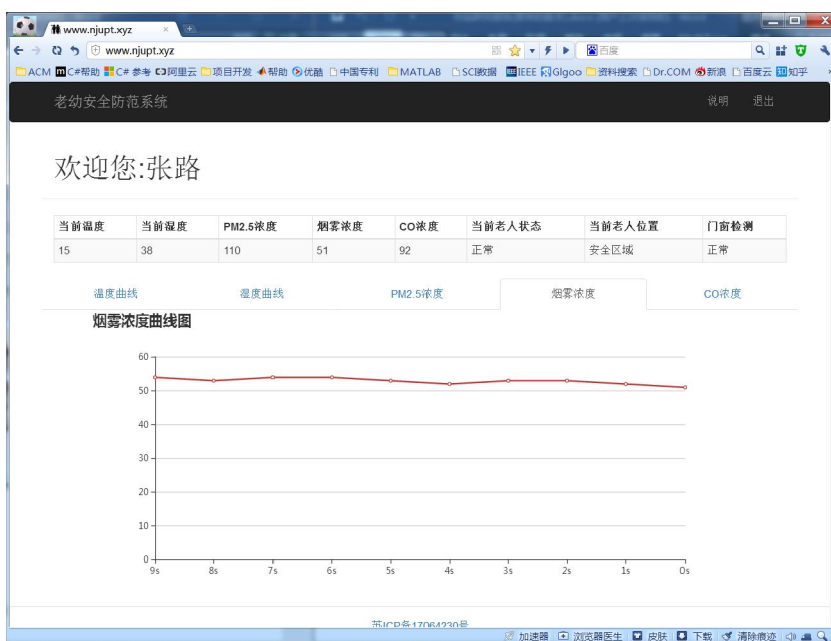


图 21: web 端实时数据展示

短信通知采用阿里云的短信通知服务，基于阿里云的开放 API 开发。短信通知的功能嵌入在了本地 PC 端，一旦 PC 端报警，即可自动发送短信通知到注册时填入的手机号中。

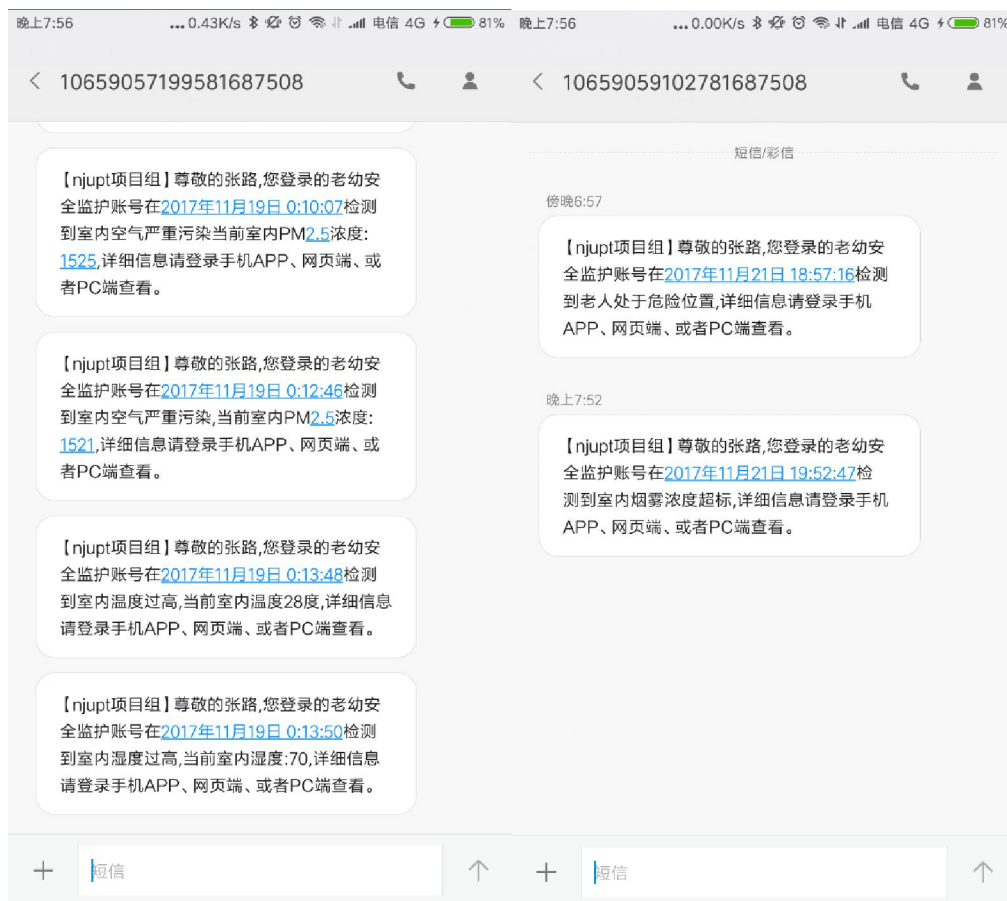


图 22：短信通知

6、作品的科学性及其先进性

1) 本作品注重对特殊人群的关注，尤其是独居家里的老人或小孩。本小组成员认为，相对于智能化的家庭操控体验，对特殊人群的个性化居家服务更为重要。目前市面上的智能家居的关注点大多只是局限在自动控制技术、音视频技术、视频监控等泛泛的智能家居。其中较为著名的有柯帝（KOTI）智能家居系统。尽管凭借柯帝雄厚的实例，研发了多套智能家电设备，但其所谓的“智慧家庭”，仍未能完全涵盖家庭环境监测的精确判断，家庭人员的行为安全，特别是老人摔倒等突发事件的监测功能。

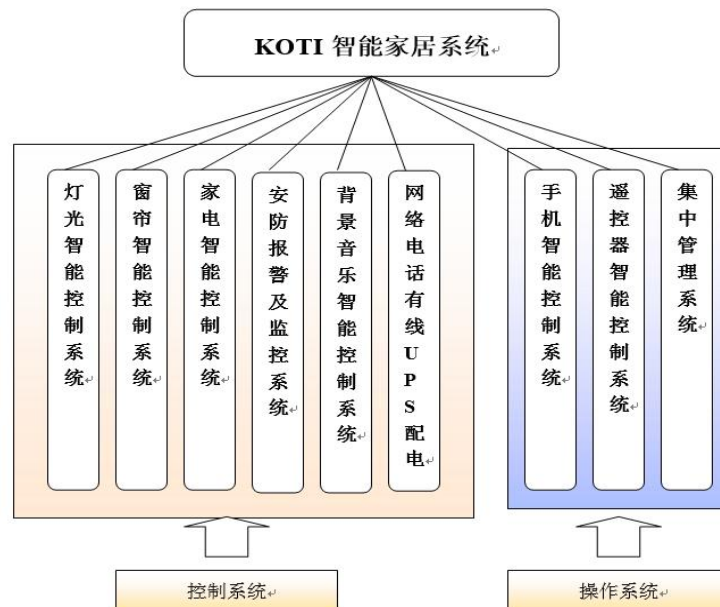


图 23: 柯帝智能家居系统

2) 本系统采用的多源感知和联合决策技术是在传统的单源感知信息感知的基础上引入了多类型传感器，共同为某一突发事件进行联合决策，能有效提高决策的准确度。就老人跌倒事件而言，目前应用最普遍的跌倒检测技术有三类：

- a. 第一种为基于图像视频的方法，摄像头拍摄人体的活动图像，经过算法分析后确定人体状态，较为准确，但用户隐私是个待解决的问题；
- b. 基于音频信号的分析，分析跌倒冲击导致振动的频率，但适应性和正确性较差，且开销较大，一般作为其他检测方法的辅助手段；
- c. 基于单个穿戴式的检测装置，在穿戴设备中包含了微小的传感器装置和单片机处理器，能够随时监测人体各种状态，单片机利用感知到的传感器数据，再结合跌倒检测的相关算法进行跌倒判断。而本作品正是在第三种单个穿戴式传感器检测方案的基础上，构建具备多类型传感器进行多源感知和联合决策的家庭人员安全预警平台。

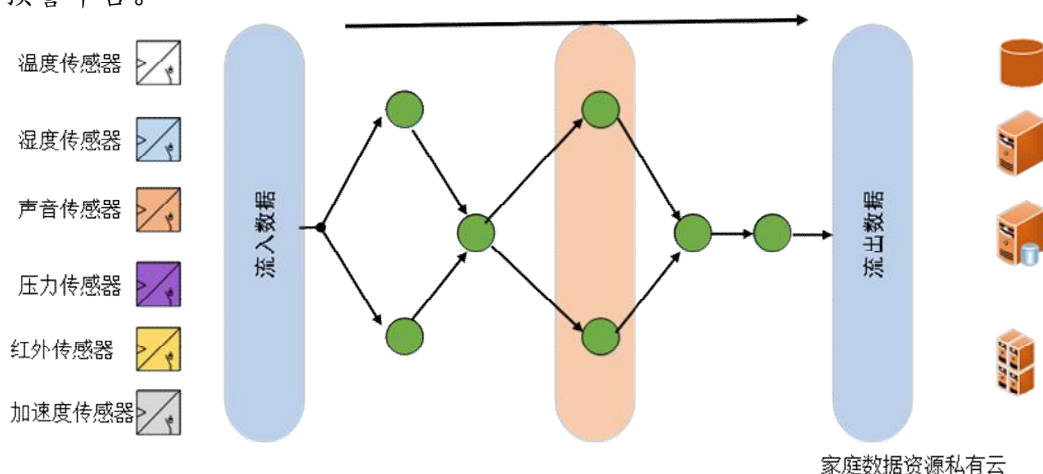


图 24: 老幼安全系统基于多种传感器联合决策传输信息

7、作品应用前景

随着智能家居热潮在世界范围内的日渐兴起，随着中国电子技术的飞速发展、人们生活水平的不断提高以及智能电子技术在生活中的广泛应用，智能家居

已经成为未来家居装饰潮流发展的最新方向。根据智研咨询发布的《2016-2022年中国智能家居市场研究及发展趋势研究报告》显示，随着物联网技术的更加完善和普及，以及人们对生活品质要求的提高，预计未来几年，我国智能家居行业市场规模将呈现出快速增长的趋势。预计到2021年，中国智能家居行业市场规模将超过2900亿元。

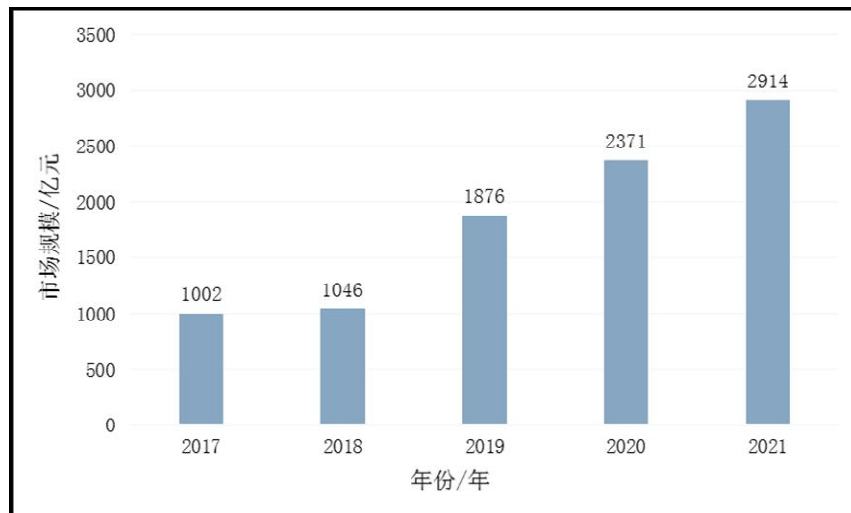


图 25：2017-2021 年国内智能家居市场规模

从目前的发展趋势来看，在未来的至少 20 年时间里，智能家居行业将成为中国的主流行业之一，其市场的发展前景是非常广阔的。

与此同时，伴随着中国社会老年化的到来，老人或者幼儿对物联网设备的需求将日益旺盛，智能家居中对老人和幼儿的监护必将放在重要位置，实现对老人和幼儿等特殊人群的个性化居家服务显得更为重要，尤其是独居家里的老人或小孩。

本作品针对老人和幼儿设计的基于互联网+技术的家庭安防系统，通过对老人和幼儿的行为、运动轨迹进行监测，实时了解他们的当前状态。一旦监测到异常情况，系统将会向监护人发出报警信息，并对现场采取一些相应的应急措施。另外，本系统还将根据异常发生时的一些物理环境参数进行分析，以进一步为用户提供异常发生的直接或者潜在的原因，以便用户做好相应预防措施，避免类似情况再次发生。针对本作品功能目标，其市场投入可以面向广大的普通家庭住宅。一方面可以直接面向家庭，采用零售的方式卖给老人或者幼儿的监护人；另一方面，还可以采取和房地产商合作的方式，对销售的房型进行批量化定制和销售。