

doi: 10.7690/bgzdh.2014.12.020

基于 ZigBee 技术的多机器人通信技术

昶旭阳, 邓彦松

(西南民族大学电气信息工程学院, 成都 610041)

摘要: 针对目前多机器人控制系统没有将 ZigBee 无线通信技术运用到其设计中的问题, 设计一种基于 ZigBee 无线通信技术的多机器人间协调控制的通信系统。该系统通过 2.4 GHz 频段的 ZigBee CC2530 模块对每个机器人和手持控制终端分配一个地址, 实现机器人之间的通信, 机器人和手持控制终端之间的通信。使得机器人自身具有一定的智能性, 而又不脱离人的掌控。实验结果证明: 此通信系统可以使机器人充分利用时间、空间上的分布性与高效性更好地协作, 共同完成任务, 展示其良好的应用价值。

关键词: ZigBee; 多机器人; CC2530; 机器人间通信

中图分类号: TP242 **文献标志码:** A

Multi-Robot Communication Technology Based on ZigBee Technology

Chang Xuyang, Deng Yansong

(College of Electrical & Information Engineering, Southwest University for Nationalities, Chengdu 610041, China)

Abstract: Aiming at the current situation which multi-robot control system does not use the ZigBee wireless communication technology, design a multi-robot communication system which can realize coordinated control between robots based on ZigBee technology. The system assigns an address for every robots and the handheld control terminal, through 2.4 GHz band ZigBee CC2530 module to achieve communication between robots or robot and handheld control terminal, making the robot itself has certain intelligence, without departing from the human control. Experimental results showed that this communication system enable the robot make the most of the distributives properties of time and place to cooperation more efficiently demonstrating its favorable applied value.

Keywords: ZigBee; multi-robots; CC2530; communication between robots

0 引言

在当今机器人研究领域, 单机器人的控制系统已经十分成熟^[1]。然而很多实际任务并不是一个机器人能高效完成的, 在近些年, 人们对多机器人协调控制中的协调和集中、负载分配、运动分解、避碰轨迹规划、操作柔性体等进行了研究^[2]。目前国内外主要的研究成果有基于 Agent 的多机器人通信系统和基于 MAS 的多机器人通信系统等。这些通信系统通常采用集中规划和控制, 主计算机系统的容量要求必须强大到足以应付大量的在线操作。由于 ZigBee 无线通信技术具有低功耗、低成本、时间短、网络容量大、可靠、安全等多方面的优点^[3], 非常适合运用于微型观赏机器人的设计, 然而目前还没有将 ZigBee 无线通信技术运用到仿生机器人设计的相关研究报告, 开发成功后又具有良好的商业价值, 故对其进行研究设计是十分可行的。

1 系统整体设计

针对目前多机器人控制的通信系统大多局限于

用一个主控制器来控制的情况, 提出了采用 ZigBee 无线通信技术来实现多机器人的控制, 使得在该通信系统下的每一个机器人都更加智能化。具体方案为: 采用红外传感器、摄像头等设备反馈信息, 使每个机器人具有自动避障和实时调控的功能; 采用超声波辅助定位^[4], 使每个机器人有唯一的位置信息。采用 ZigBee 无线通信技术作为通信工具, 整个系统使用 MESH 型网络拓扑结构, 选取一个机器人作为协调器节点, 每个机器人都分配 16 位唯一的 PAN 标志符, 完成每个机器人的身份定位。制定合理的协作条件, 使得多机器人之间能够相互“沟通”, 协调动作。并设计人工遥控模块, 优先级高于机器人内部决策模块, 使得机器人既能完成智能化动作, 又不脱离人们的控制。对于 ZigBee 技术的四层体系结构, 只需要设计通用的 PHY 层和 MAC 层, 再编写相应的高级语言程序, 便可实现对机器人控制的通用性, 无论是空中机器人编队、水中多机器人编队, 还是陆地上的双足或轮式机器人编队等都可以用笔者设计的通信系统来实现智能化控制。其网络拓扑图及系统图如图 1、图 2。

收稿日期: 2014-06-23; 修回日期: 2014-07-28

基金项目: 西南民族大学科研项目(2012NFW002)

作者简介: 昶旭阳(1991—), 男, 河北人, 本科, 从事通信系统方向研究。

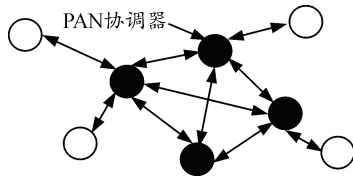


图 1 MESH 网络拓扑

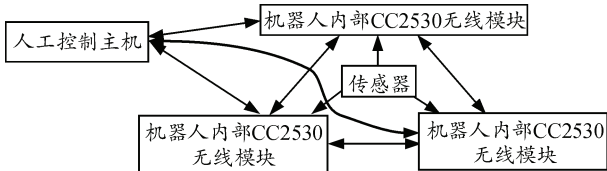
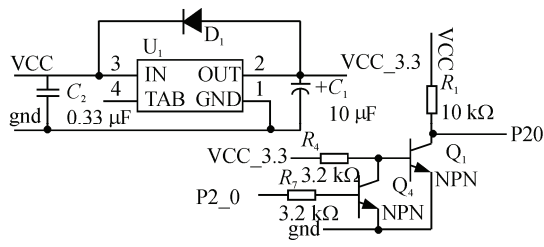


图 2 系统图

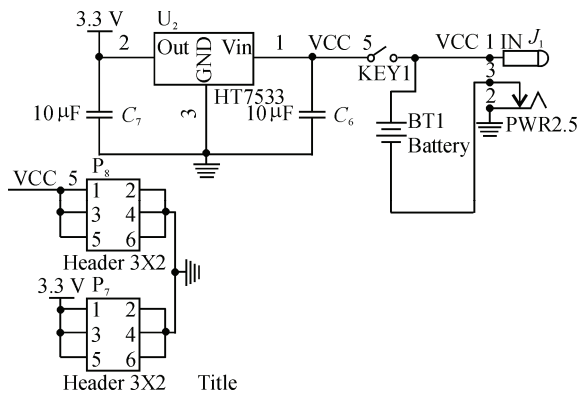
2 系统硬件设计

2.1 硬件系统

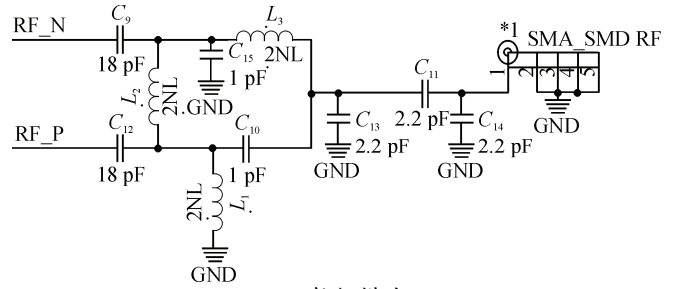
硬件系统是将系统进行模块化分解来进行设计，主要包括 CC2530 芯片模块，电源模块，射频电路模块，控制芯片与机器人对接模块。其中 CC2530 芯片是一款用于嵌入式应用的系统芯片，由 TI 公司推出，是一种使用了 IEEE 802.15.4 标准的 ZigBee 和 ZigBee RF4CE 解决方案的系统。CC2530 内部已集成了一个 8051 微处理器与高性能的 RF 收发器。CC2530 能够以非常低的总材料成本建立强大的网络节点，拥有较大的 Flash，其存储容量多达 256KB，它是理想的 ZigBee 专业应用芯片^[5]。电源模块为 3.3 V 与 5 V 供电，控制芯片与机器人对接模块包括稳压部分，电平转换部分以及串口。各部分原理如图 3。



(a) 对接模块



(b) 电源模块

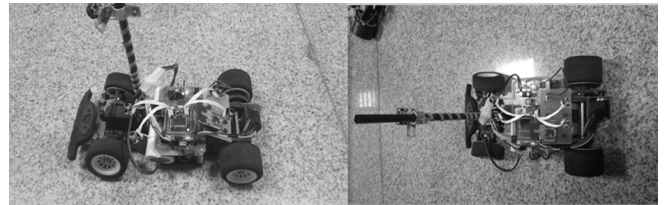


(c) 射频模块

图 3 硬件电路

2.2 测试平台

测试平台以 3 个轮式智能小车作为智能机器人模型进行搭建，智能小车为飞思卡尔车模改装的，智能小车采用红外传感器、摄像头、超声波定位仪等设备进行信息的反馈，使每个机器人具有自动避障，实时调控和定位功能，图 4 所示。



(a) 侧视图

(b) 俯视图

图 4 测试平台

3 系统软件设计

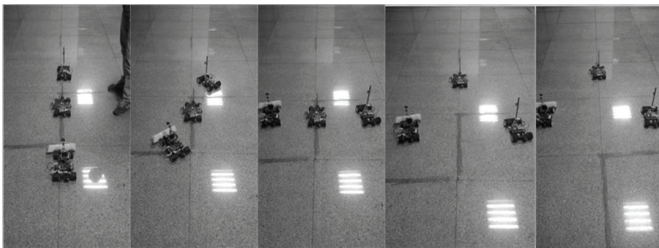
该软件程序主要包括模块的定义、参数类型的初始化以及各个模块功能的实现方式 3 个部分。模块的定义是用来确定节点的性质，如其中的协调机器人定义为 FFD，向其提供全部的 IEEE 802.15.4 MAC 服务，要求其既可以发送和接收数据，还具备路由功能，而其他机器人只需向其提供部分 IEEE 802.15.4 MAC 服务，因此只需将它们定义为 RFD 设备，让它们具备发送和接收数据，而不充当协调点和路由节点。初始化的目的则是配置系统参数，首先定义系统的时钟信号，然后定义 ZigBee 芯片所连接的 MCU 类型和型号，接着定义通信模块性质即定义通信模块所在节点为全功能节点还是缩减功能节点及 ZigBee 网络层和 MAC 层的参数等^[6]，如 3 个轮式机器人的 16 位 PAN 地址，无线发送信道的选择，发送接收频率，校验方式等。模块功能的实现是通过将每个模块分配一个 16 位的 PAN 标志符，作为区分每个终端设备的唯一标志，人所面对的主控模块终端拥有最高的优先级，并且可以单独控制每个机器人的行为，也可以向所有机器人发送协作控制命令，让机器人自行协作运动，当协作命令发送后，机器人将以协调器

人作为核心，按照队形坐标进行编队运行，在此过程中软件设定队形坐标检测时间，当实际队形坐标与超声辅助系统提供的坐标信息不符时，协调机器人可以通过发送命令的方式控制其他机器人进行相对位置的调整，从而达到人机通信与机器人间相互通信的目的。具体流程图如图 5。

4 实验结果与问题分析

4.1 实验结果展示

通过实验情况可以看到：利用 ZigBee 无线通信技术设计的通信系统，可以实现多机器人间的组网通信，从而实现编队控制，在此通信系统的控制下，3 个轮式机器人不但可以通过人机控制方式进行三角形与直线型编队间的相互变换，还可以在机器人间相互通信的基础上，自动地达到编队的目的，



(a) 初始状态 (b) 过程1 (c) 过程2 (d) 过程3 (e) 完成状态

图 6 直线队形向三角队形转换实验效果

4.2 实验问题分析

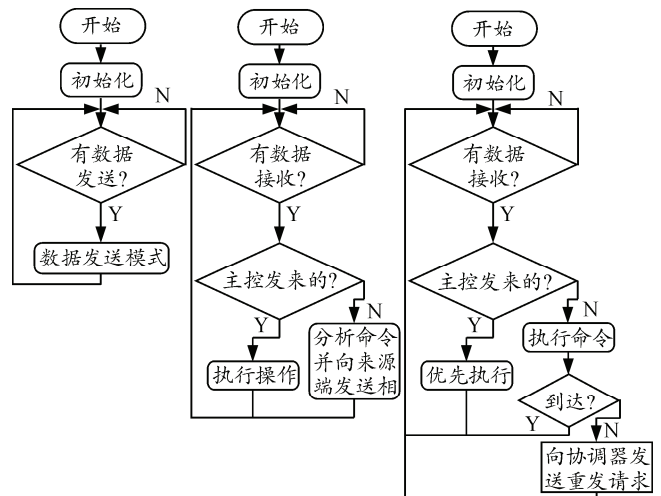
1) 在实验过程中，由于实验测试平台采用超声波辅助定位模块，故实验场地中设有超声定位的固定参考点，因此不同的实验场地智能机器人的定位需经过测试进行调整，当然辅助定位也可以采用其他模块进行，这并不会影响此通信系统的性能，依然可以很好地完成队形间的变换。

2) 在实验过程中，由于超声定位的坐标返回值与系统设置的相对坐标数值不可能完全吻合，因此在实际应用中，将系统坐标数值设置为区间值，即当超声定位模块返回的坐标值在系统相对坐标值范围内就认为已经运行到指定位置，便进行下一步运行，因此在不同的实验测试过程中队形可能会出现一些误差，但这种误差经过对系统坐标区间值范围的调整可以适当减小，达到误差允许范围内，因而对编队的美观性影响不大。

5 结束语

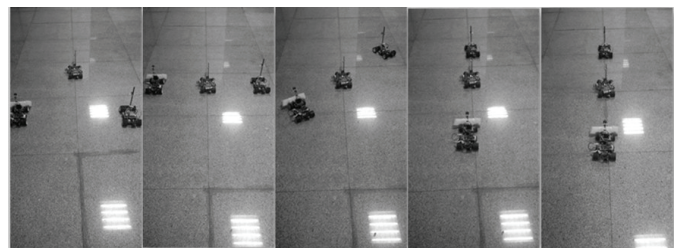
笔者在 ZigBee 技术的基础上设计了一种将人机通信和多机器人间相互通信相结合的通信系统。

实验结果如图 6、图 7。



(a) 主控模块 (b) 协调器机器人模块 (c) 其他机器人模块

图 5 软件流程



(a) 初始状态 (b) 过程1 (c) 过程2 (d) 过程3 (e) 完成状态

图 7 三角队形向直线队形转换实验效果

在一定的空间范围内，该通信系统既使机器人自身具有一定的智能性，又不脱离人的掌控，不仅发挥了 ZigBee 技术低复杂度、低功耗、低数据速率、低成本的优点，还使机器人充分利用了时间上空间上的分布性与高效性从而更好的协作，共同完成任务，展示其良好的应用价值。

参考文献：

- [1] 刘祚时, 张海英, 林桂娟. 能力风暴智能机器人无线通信系统的研究[J]. 传感器技术, 2004, 23(4): 25-27.
- [2] 吴艳花, 刘兵. 多机器人协调越障研究[J]. 机械与电子, 2007(3): 55-57.
- [3] 王东, 张金荣, 魏延, 等. 利用 ZigBee 技术构建无线传感器网络[J]. 重庆大学学报: 自然科学版, 2006, 29(8): 95-97.
- [4] 李晶, 王仪明. 基于单片机的超声波简易定位系统的设计[J]. 机电一体化, 2011(9): 66-68.
- [5] 汤镇辉, 张正明. 基于 CC2530 的 ZigBee 无线路灯节能智能监控系统[J]. 微型机与应用, 2011, 30(19): 81-83.
- [6] 殷明, 汪立伟. 基于 ZigBee 技术的通用无线通信模块设计[J]. 交通与计算机, 2006, 24(5): 110-112.