

doi: 10.7690/bgzdh.2015.05.015

基于 Android 平台的服务机器人控制系统

刘之峰^{1,2}, 范瑞峰², 罗文广¹, 谢广明²

(1. 广西科技大学电气与信息工程学院, 广西 柳州 545006; 2. 北京大学工学院, 北京 100871)

摘要: 为了实现 Android 平台对机器人的无线控制功能, 以服务机器人为例, 设计该服务机器人的控制系统, 实现 Android 终端与单片机间的无线通信, 从而可以通过 Android 终端控制机器人。详细介绍该室内服务机器人控制系统的硬件设计和软件实现的全过程。以 ATmega128 单片机作为控制核心, Android 终端可以通过无线通信模块对机器人进行控制, 扩展了机器人的服务功能。在 AtmelStudio6.0 环境下采用 C 语言编程实现服务机器人各模块设计, 使用 Java 语言通过 eclipse 软件编写 Android 应用程序, 完成 Android 终端与单片机之间的通信。

关键词: 服务机器人; 控制系统; Android 平台; AVR 单片机; 无线通信

中图分类号: TP242.6 **文献标志码:** A

Service Robot Control System Based on Android Platform

Liu Zhifeng^{1,2}, Fan Ruifeng², Luo Wenguang¹, Xie Guangming²

(1. College of Electrical & Information Engineering, Guangxi University of Science & Technology, Liuzhou 545006, China; 2. College of Engineering, Peking University, Beijing 100871, China)

Abstract: In order to achieve the Android platform function of the wireless control of the robot, taking service robot as example, the design of the service robot control system, realizes the Android terminal and wireless communication between the single-chip microcomputer, which can be through the Android terminal control robot. Introduce the hardware design and software implementation process of indoor service robot control system. ATmega128 single-chip as control core, the Android terminal through wireless communication module to control the robot, expand the service functions of the robot. In AtmelStudio6.0 environment using C language programming to realize service robot module design; At the same time, the use of Java language through the eclipse software write Android applications, to complete the Android communication between the terminal and single-chip.

Keywords: service robot; control system; Android platform; AVR single-chip; wireless communication

0 引言

当前, 服务机器人在国内外都得到了飞速发展, 高新技术不断涌现, 层出不穷。国际机器人联合会 (international federation of robotics, IFR) 给服务机器人的初步定义: 服务机器人是一种半自主或全自主工作的机器人, 它能完成有益于人类的服务工作, 但不包括从事生产的设备^[1]。服务机器人将在不久的将来进入千家万户, 进入我们的日常生活中。

目前服务机器人采用计算机控制的比较多, 即在机器人上直接装一台计算机。这种方式使得机器人的制造成本较高, 对电源的要求也高。由于现在家庭中或者办公场所内多已安装无线路由器并且都有计算机, 于是就有学者提出采用计算机和无线路由器对服务机器人进行无线控制^[2]。但是目前的计算机体积比较大, 安装在机器人上移动起来并不方便。随着近年来移动技术的发展, 以智能手机为代表的智能终端设备在普通人群的普及率大大提高, 尤其是以安卓为代表的智能手机平台。典型的安卓智能手机集成了大量的对于移动机器人而言非常重

要的传感器和设备^[3]。为了方便用户进行操作, 针对在室内环境下进行运动的服务机器人, Android 手机或者平板电脑和服务机器人进行无线通信, 可以更好地整合资源, 提高效率^[4]。在这种需求下, 笔者设计了一款服务机器人以及 Android 平台下的应用程序, 通过 Android 手机对服务机器人进行无线通信和无线控制, 具有比较高的实用性。

1 服务机器人

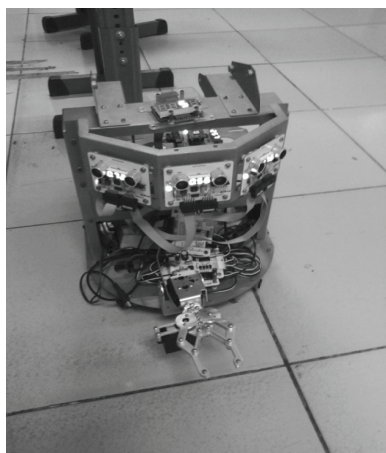
该服务机器人是轮式驱动, 带有一个两自由度的机械手、无线摄像头、超声波传感器和红外避障传感器以及寻迹传感器。它属于半自主式服务机器人, 可以实现人工遥控和自主运动或者寻迹行走。人工遥控时, 用户可以使用 Android 手机打开控制服务机器人的应用程序, 连接安装在服务机器人上的无线网络摄像头, 针对无线网络摄像头传到手机上的视频信息进行实时控制。自主运动时, 服务机器人可以根据编写在主控芯片中的路径规划程序进行自主运行。自主寻迹时, 服务机器人可以沿着粘

收稿日期: 2015-02-05; 修回日期: 2015-03-19

基金项目: 广西教育厅重点科研项目 (ZD2014073)

作者简介: 刘之峰 (1990—), 男, 江苏人, 硕士, 从事智能机器人、物联网研究。

贴在地上的有色胶带进行行走。因此服务机器人可以灵活地移动，可以向前、向后、左转、右转和原地转弯，并且还配合两自由度机械手实现了夹取药瓶药罐等小物件的功能，可以实现家庭或者办公环境下简单的取物工作。图 1 为机器人正在进行测试。



(a) 服务机器人基础版



(b) 服务机器人测试版

图 1 室内服务机器人样机测试图

2 服务机器人工作原理

服务机器人采用轮式驱动，同时具有超声测距、红外避障、无线通信和实时视频传输等功能。图 2 是服务机器人的系统结构及信号流向图，图 3 是服务机器人控制系统框图。

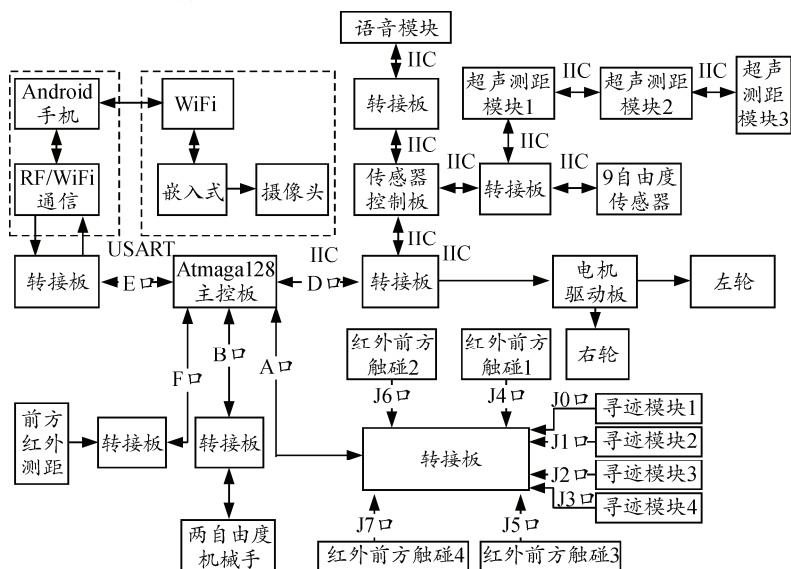


图 2 服务机器人系统结构及信号流向

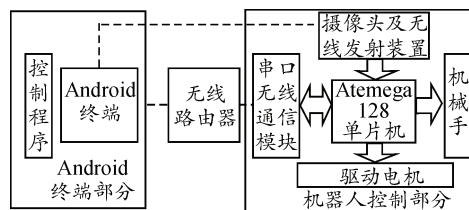


图 3 服务机器人控制系统框图

服务机器人以 Atmega128 单片机作为主控板的核心，主控板可以分别对电机驱动模块和两自由度机械手进行直接控制，同时通过 IIC 总线可以对语音模块进行控制，使得服务机器人与用户交互更友好，也可以对 3 个超声测距模块、红外前方触碰传感器、红外前方测距传感器和电子罗盘模块进行数据采集，从而判断周围环境进行控制和调节自身位姿状态。服务机器人主控板上还安装有串口转 WiFi 模块，使得服务机器人可以进行 WiFi 通信，这样用户可以通过 Android 手机终端和服务机器人进行信息交互和控制。安装在机器人上的嵌入式开发板为 TQ210，连接了一个 USB 摄像头和一个无线网卡，

连接上 WiFi 后，USB 摄像头的视频信息可以无线传输到 Android 手机终端上，用户以此来判断服务机器人周围的环境信息，并可打开应用程序通过 WiFi 无线控制服务机器人进行相应的运动，可以对它的运动状态进行调整。用户还可以通过 Android 手机应用软件实时地收到服务机器人上超声模块和前方红外测距模块以及电子罗盘模块测量到的数据，从而进行服务机器人的定位和控制。

3 服务机器人控制系统

服务机器人的硬件设计包括主控板的硬件设计和电机驱动模块、串口转 TCP/IP 模块、电子罗盘、

语音模块以及超声模块等。

3.1 服务机器人主控模块设计

服务机器人主控板是由 Atmel 公司生产的 AVR 单片机 Atmega128 作为主控芯片进行设计^[5], 其中单片机 ISP 下载部分电路主要由 USB 转串口芯片 CP2102 构成, 它可以使编译好的 C 程序后缀名为 .HEX 的文件通过 USB 口从电脑直接下载进单片机中。上电复位和晶振电路都是构成单片机最小系统的基本电路, 在此采用 14.745 6 MHz 的晶振^[6]。Atmega128 是一款采用先进的 RISC 结构高性能低功耗的 AVR8 位微处理器, 工作于 16 MHz 时性能高达 16 MIPS。它具有非易失性程序和数据存储器, 例如 128 K 字节的系统内可编程 Flash 支持 10 000 次擦写, 4 K 字节的 EEPROM 支持 100 000 次擦写和 4 K 字节的内部 SRAM, 以及 64 K 外部存储器空间, 最主要的是它支持 TWI 协议, 即 IIC 协议^[3]。因此服务机器人主控板采用 Atmega128 单片机设计使得控制程序编写和烧写更方便。电源电路部分采用 LM2576 芯片稳压成 +5 V 给单片机进行供电。

3.2 电机驱动模块设计

电机驱动板采用 Atmega8 芯片作为主控芯片, 同时通过 IIC 总线和服务机器人的主控板 Atmega128 芯片进行通信。L298 驱动芯片用于对电机进行驱动, L298 芯片是 SGS(通用标准技术服务有限公司)生产的专用于驱动二相或者四相电机的专用驱动芯片。Atmega8 芯片通过 PB1 和 PB2 输出 2 路 PWM 分别作为 L298 芯片的输入使得 L298 芯片的输出控制左轮和右轮的速度, PD4、PD5 控制左轮的方向是前进还是后退, PD6、PD7 控制右轮的方向是前进还是后退^[7-8]。电机驱动模块测试方法: 当程序下载完成之后, 将驱动模块通过 IIC 接口用 3P 线连接到转接板的 P8 口, 转接板连接到主控板 Atmega128 的 D 口。然后转动左轮, 观察驱动板上信号灯的闪烁情况, 如果 LED 灯闪烁表示轮子运行正常, 用同样的方法测试右轮。

3.3 服务机器人通信模块设计

串口转 TCP/IP 模块采用有人科技有限公司生产的 USR-WIFI232-B 模块进行底板设计, 并与服务机器人主控板上 Atmega128 芯片的 E 口连接, 它可以用于实现串口到 WiFi 数据包的双向透明转发, 从而使得 Atmega128 芯片可以进行 WiFi 无线通信。

3.4 电子罗盘模块

电子罗盘模块采用上海直川电子科技有限公司

生产的 ZCC212N-TTL-TY1 电子罗盘, 用来采集服务机器人的方向信息。通过底板和服务机器人主控板的 D 口连接, 使用 IIC 总线和主控板进行通信。电子罗盘模块测试方法: 当程序下载完成之后, 上电复位并将电子罗盘插上电子罗盘模块观察到电子罗盘模块数码管上有读数, 将电子罗盘模块缓慢顺时针旋转一周如果示数从 0~360 增加就说明电子罗盘模块运行正常。

3.5 语音模块

语音模块使用 Atmega8 芯片作为主控芯片, 同时通过 IIC 总线和服务机器人的主控板 Atmega128 芯片进行通信。Atmega8 通过串口控制中文语音合成芯片 SYN6288 芯片使服务机器人能够通过语音模块将程序中编写的文字信息通过扬声器播放出来。当程序下载完成之后, 在主控板 Atmega128 上烧写语音模块测试程序编译后的文件, 然后使主控板上电复位。如果能听到喇叭响起“我来自 ×××”, 就说明语音模块运行正常。

3.6 超声模块

超声模块使用 Atmega8 芯片作为主控芯片, 同时通过 IIC 总线和服务机器人的主控板 Atmega128 芯片进行通信。Atmega8 通过 ADC 采集超声测距传感器检测到的数据并使服务机器人能够通过超声模块测到的距离进行位姿判断和定位。当程序下载完成后, 3 位共阳数码管显示 000 表示基本正常, 然后进行下一步调试。在主控板 Atmega128 上烧写超声模块测试程序编译好的文件, 观察超声模块上的数码管有无示数, 用手遮挡每块超声模块试一试试数是否正常变化, 比如手靠近超声模块示数变小, 手远离超声模块示数变大说明超声模块运行正常。

3.7 摄像头

在服务机器人上还安装有一块天嵌科技有限公司生产的 TQ210 开发板, 采用 S5PV210 芯片作为主控芯片, 将 OV9650 摄像头采用 FC2.0 排线进行连接, 排线的另一端安装到嵌入式开发板 TQ210 的 CAMERA 口。由于 TQ210 运行的是 Android 操作系统, 所以设置无线网卡连上 WiFi 后就可以和 Android 手机进行无线通信将采集到的视频信息实时传输到 Android 手机端上, 同时 Android 手机端可根据视频信息和服务机器人采集到的距离和角度等信息发出控制指令, 调整服务机器人的运动状态。

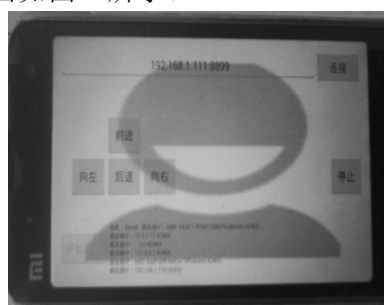
4 软件设计

服务机器人软件设计分为 Android 手机端软件

设计和单片机程序设计。Android 手机端软件设计使用 Java 语言通过 eclipse 软件开发，单片机程序使用 C 语言通过 AtmelStudio6.0 软件开发。

4.1 Android 手机端软件设计

Android 手机端软件设计分别编写了服务端视频接收 Android 应用程序和客户端视频发送 Android 应用程序^[9-10]，实现 Android 移动终端与服务机器人的无线通信并对服务机器人进行无线控制。Android 移动终端通过 WiFi 连接上无线路由，服务机器人通过串口转 TCP/IP 模块连接上无线路由，同时嵌入式开发板 TQ210 通过 USB 无线网卡也连接上无线路由。视频通信采用客户端和服务端模式，Android 手机端安装服务端视频接收应用程序创建一个 Socket 接口与客户端进行通信，连接摄像头的 TQ210 安装客户端视频发送应用程序将视频流信息通过 WiFi 传送给服务端以实现实时视频监控的效果。服务机器人通过串口转 TCP/IP 模块和 Android 手机进行通信同样采用客户端和服务端模式，Android 手机作为服务端通过多线程创建一个 Socket 接口与服务机器人进行通信并进行控制^[11]，其控制界面如图 4 所示。



(a) 客户端应用程序登录界面



(b) 客户端应用程序控制界面

图 4 服务机器人控制界面

4.2 单片机软件设计

单片机软件使用 C 语言通过 AtmelStudio6.0 软件开发，以 2013 年参加中国机器人大会暨 RoboCup 公开赛助老组比赛为背景，比赛模拟这样一个场景：单身老人独自在家，子女上班。子女要通过网络视频远程操控机器人，提醒老人进行身体检查，上传

数据到网络。服务机器人根据老人的生理参数选择不同的食物或药物给老人。

4.2.1 服务机器人位置和方向控制程序设计

服务机器人实际转向与设定值偏差示意图如图 5 所示。

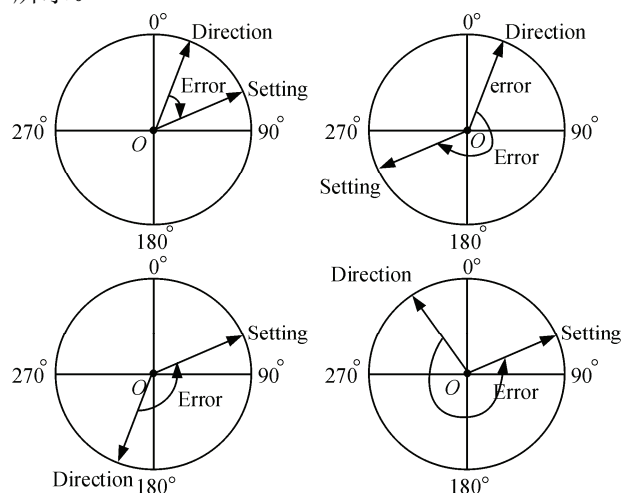


图 5 服务机器人实际转向与设定值偏差示意图

服务机器人通过电子罗盘模块进行方向定位，通过超声模块进行距离定位。服务机器人在进行方向定位时，由电子罗盘检测到服务机器人的实际方向，在图 6 中用 Direction 表示，用 Setting 表示设定方向值，Error 表示 Direction 和 Setting 的偏差，即 $Error = |Direction - Setting|$ ， $Error > 0$ ，当 Error 在 3° 以内的时候，认为服务机器人找到设定值方向，否则继续调整。笔者设定正北方向为 0° 值，顺时针方向依次按 0° 到 360° 递增。分 4 种情况讨论：1) 当 $Direction < Setting$ 并且 $Error < 180^\circ$ ，服务机器人向右转调整；2) 当 $Direction < Setting$ 并且 $Error > 180^\circ$ ，服务机器人向左转调整；3) 当 $Direction > Setting$ 并且 $Error < 180^\circ$ ，服务机器人向左转调整；4) 当 $Direction > Setting$ 并且 $Error > 180^\circ$ ，服务机器人向右转调整。

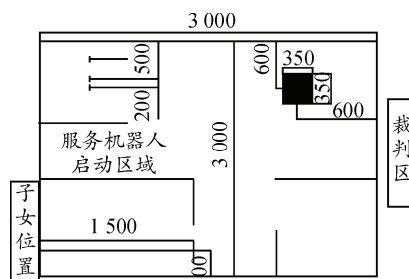


图 6 服务机器人比赛场地示意图

由于服务机器人比赛场地边界和房间都采用挡板搭建，所以服务机器人距离定位通过前方超声模块与挡板的测量距离进行距离定位。

4.2.2 服务机器人主程序设计

比赛场地示意图如图 6 所示, Atmega128 芯片主程序流程图如图 7 所示。

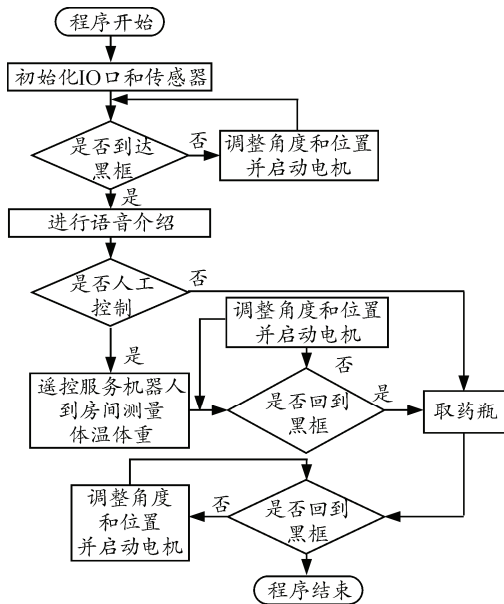


图 7 Atmega128 芯片主程序流程

比赛分为 4 个阶段: 自我介绍、目标寻找、协助体检和协助取药。第 1 阶段为自我介绍, 服务机器人自主运行, 服务机器人从出发区出发, 到达讲解区, 并通过语音进行自我介绍, 其内容包括不限于: 学校名称、队伍名称。第 2 阶段为目标寻找, 老人单独在家, 行动不便, 容易忘掉很多事情, 需要进行提醒。子女可以在任何地方, 通过 Internet 来操控家中的服务机器人, 对老人的身体检查等进行提醒和指导。目标寻找以网络遥控为主, 使用自带笔记本, 连接现场的 WiFi 网络, 对机器人进行运动控制, 找到老人的位置, 并指导老人进行身体检查。老人为参赛选手模拟, 位置有 2 处备选, 分别为卧室 1 床、卧室 2 床。在比赛开始后裁判随机指定。第 3 阶段为协助体验, 老人一般都患有慢性病, 需要定时对老人的身体进行健康检查, 检查项目一般为体重、体温和血压等。但老人记忆力衰退, 很多时候都会忘记测量。服务机器人对其进行提醒, 并指导老人进行测量, 同时根据测量结果判断是否测量准确, 是否需要重新测量。测量完毕后将测量数据通过 WiFi 传给子女。网络采用局域网来模拟现实中的 Internet 网。第 4 阶段为协助取药, 一般老人都需要定期服用不同药物, 错吃药和忘记吃药是比较突出的问题。助老组比赛设定此项目, 使用智能机器人协助老人解决这 2 方面的问题。通过服务机器人给老人健康检查之后, 把老人健康状况反馈给子女, 由子女根据健康数据对老人的药物进行调

整, 确保老人身体健康。子女给机器人传达取药任务, 机器人自主完成取药, 送到老人身边。比赛中我们用不同标志的物体代替具体的药品。考虑到比赛的可完成性, 在第 4 阶段可分 2 种实现方法: 1) 有遥控到达讲解区, 然后自主取药, 回到讲解区面对裁判; 2) 从老人身边直接去自主取药, 回到讲解区, 面对裁判, 比赛结束。

5 结论

笔者设计的服务机器人经过测试可以完成 50 m 范围内的无线通信, 实现在普通家庭环境下的取物和视频监控的功能, 以及超声测距和角度定位, 同时也可以完成自主行走与寻迹行走的功能。Android 操作系统的智能手机上可以开发有效的远程控制程序, 并使用多线程和同步网络套接字与机器人交流^[12]。由于 Android 手机与服务机器人的无线通信扩大了服务机器人的功能, 也为其他物联网设备提供了一个网络化的平台, 同时使用户使用更加方便, 从而可更好地融入智能家居, 为人们服务。

参考文献:

- [1] 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: 信息科学, 2012(9): 1049-1066.
- [2] 王军政, 汤金元. 基于 PC 与 ATmega128 单片机的室内服务机器人控制系统设计[J]. 机床与液压, 2010(20): 87-90.
- [3] 李瑞. 基于 Android 的小型移动机器人系统设计[D]. 杭州: 浙江理工大学, 2013: 53-60.
- [4] Yepes J C, Yepes J J, Martinez J R, et al. Implementation of an Android based teleoperation application for controlling a KUKA-KR6 robot by using sensor fusion[C]//Health Care Exchanges (PAHCE), 2013 Pan American. MEDELLIN, COLOMBIA: IEEE, 2013: 1-5.
- [5] 雍杨, 陈晓鹤. AltiumDesignerSummer09 电路设计标准教程[M]. 北京: 科学出版社, 2011: 15-56.
- [6] 朱飞, 杨平. AVR 单片机 C 语言开发入门与典型实例[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2010: 13-37.
- [7] 宋志刚, 叶亮荣, 孙卫和. 小型移动智能机器人的设计[J]. 兵工自动化, 2007, 26(3): 67-69.
- [8] 怀奎. 智能服务机器人在家庭安防中的核心技术初探[J]. 兵工自动化, 2010, 29(9): 88-89.
- [9] 郑萌, 赵常松. Android 应用程序开发与典型案例[M]. 北京: 电子工业出版社, 2012: 173-196.
- [10] 明日科技. Android 从入门到精通[M]. 北京: 清华大学出版社, 2012: 325-327.
- [11] 李刚. 疯狂 Android 讲义[M]. 北京: 电子工业出版社, 2013: 580-586.
- [12] Lu X, Liu W, Wang H, et al. Robot control design based on smartphone[C]//Control and Decision Conference (CCDC), 2013 25th Chinese. Guiyang, China: IEEE, 2013: 2820-2823.