

# 基于 nRF905 的气动肌肉机械手远程遥控实现\*

朱红亮<sup>1</sup>, 金英子<sup>1\*</sup>, 张立<sup>2</sup>, 刘爽<sup>1</sup>

(1. 浙江理工大学 机械与自动控制学院, 浙江 杭州 310018;

2. 浙江经贸职业技术学院 应用工程系, 浙江 杭州 310018)

**摘要:** 为了实现气动肌肉机械手远距离遥感控制, 设计了一种基于 nRF905 无线收发芯片和 C8051F020 单片机的远程遥控系统, 根据人体手臂结构和运动方式特点搭建了一种多自由度气动肌肉机械手样机, 并将远程遥控系统作用于气动肌肉机械手样机上, 最后对远程遥控系统的控制区域和气动肌肉机械手关节运动进行了实验研究。实验结果表明, 该远程遥控系统在室外 700 m 和室内 100 m 区域内能够较好的对气动肌肉机械手进行远程控制, 并且运行可靠。

**关键词:** 气动肌肉; nRF905; 机械手; 远程遥控

**中图分类号:** TH39; TH122

**文献标识码:** A

**文章编号:** 1001-4551(2010)11-0040-04

## Remote control system of pneumatic manipulator based on nRF905

ZHU Hong-liang<sup>1</sup>, JIN Ying-zi<sup>1</sup>, ZHANG Li<sup>2</sup>, LIU Shuang<sup>1</sup>

(1. School of Mechanical Engineering & Automation, Zhejiang Sci-Tech University, Hangzhou 310018, China;

2. Department of Application Engineering, Zhejiang Economic & Trade Polytechnic, Hangzhou 310018, China)

**Abstract:** In order to realize remote control of pneumatic muscle manipulator, the remote control system was designed based on a wireless transceiver nRF905 and C8051F020 microcontroller chip. And a multiple degrees of freedom pneumatic manipulator was built based on the structure and the activity of human arm characteristics. At the same time, the remote control system was acted on the pneumatic muscle robot prototype. At last, the control area of remote control system and the movement of pneumatic muscle manipulator joint were studied. The results indicate that using the remote control system of pneumatic manipulator, in the area of 700 m outdoor and 100 m indoor, it can be able to have remotely control better, and reliable operation.

**Key words:** pneumatic muscle; nRF905; manipulator; remote control

## 0 引 言

现代电子技术和计算机硬件技术的飞速发展, 促进了机器人在导航、视觉和远程操作等关键领域的进步<sup>[1]</sup>。机械手作为机械人的主体, 在不同的作业场合及特殊的环境背景下为人类活动的顺利进行带来了极大的方便和益处, 尤为明显的是在工业及军事领域<sup>[2]</sup>。工业中大量的生产活动, 存在很多不便于人类操纵的环节, 特别是在工作环境较危险的情况下<sup>[3]</sup>。

因此, 机械手除了要具有一定的自主运动能力之外, 还需要具有一定远程控制能力<sup>[4]</sup>。远程控制功能在机械手中的应用, 可以大大增加系统的安全性, 节约损耗, 提高效率。由此可见, 在特殊背景环境中利用远程控制实现机械手运动已成为一种必然的趋势<sup>[5]</sup>。

气动人工肌肉, 也称橡胶驱动器<sup>[6]</sup>, 具有结构简单、紧凑, 动作平滑, 响应快, 输出力/自重比很高, 柔顺性好等特点。它的力、长度特性和响应速度等方面和生物肌肉相似, 因此设计中往往直接采用人工肌肉驱

收稿日期: 2010-03-30

基金项目: 国家自然科学基金资助项目(0503081-A); 浙江省自然科学基金资助项目(0703631-D)

作者简介: 朱红亮(1986-), 男, 浙江杭州人, 硕士研究生, 主要从事机械电子工程方面的研究. E-mail: liumangzhu.1986@yahoo.com.cn

通信联系人: 金英子, 女, 教授, 博士生导师. E-mail: jin.yz@163.com

动机器人关节,从而使机器人获得运动柔性<sup>[7]</sup>。人工肌肉已大量被用于仿人机器人手臂、灵巧手等柔性装置和防爆等危险场合的行走机构的关节驱动<sup>[8]</sup>。

本研究以气动人工肌肉作为驱动器,搭建了一种多自由度的机械手样机,可用于实现关节各方向的旋转等仿人手臂动作。同时利用 nRF905 无线收发芯片和单片机所组成的远程遥控系统对气动肌肉机械手样机进行实验研究和分析。

## 1 气动肌肉机械手样机简介

气动肌肉机械手样机如图 1 所示。

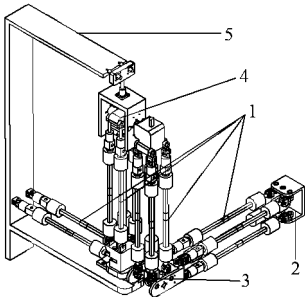


图 1 气动肌肉机械手样机结构图

1—气动人工肌肉;2—腕关节;3—肘关节;4—肩关节;  
5—机械手固定平台

本研究的机械手样机根据人体手臂结构和运动方式设计,采用 FESTO 公司生产的 MAS 型气动人工肌肉作为驱动器各个关节。每个关节都是由相当于人类拮抗肌的气动肌肉的对抗作用来实现<sup>[9]</sup>。腕关节和肘关节由虎克铰机构(如图 2 所示)组成。关节虎克铰运动可描述为:气动人工肌肉 AB 组成一对,CD 组成另一对驱动虎克铰时,动绞架 II 可绕动绞架 I 的 X 轴旋转;气动人工肌肉 AC 组成一对,BD 组成另一对驱动虎克铰时,动绞架 II 可绕动绞架 I 的 Y 轴旋转。由此可见肘关节由两个旋转自由度构成,能够实现

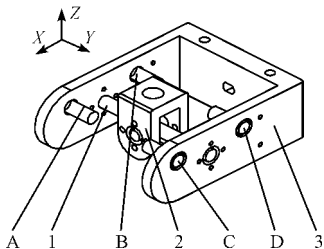


图 2 肘关节示意图

1—十字轴;2—动绞架 I;3—动绞架 II;A、B、C、D—气动肌肉安装位置

前臂的屈伸运动和旋转运动;腕关节的结构形式与肘关节相同,能够实现腕关节的旋转和屈伸运动;肩关节由肩部轴带动的两个旋转自由度构成,能够实现手臂的旋转和屈伸运动。该气动机械手共有 6 个自由度。

## 2 气动肌肉机械手控制原理简介

气动肌肉机械手各关节都是利用并联的两对气动肌肉相互对抗来实现关节的运动。因此,对机械手的控制其本质就是对驱动机械手关节的两对气动肌肉进行控制。

本研究中机械手控制原理如图 3 所示,计算机接收远端发送过来的角度信号或压力信号,经 D/A 转换后通过压力比例阀调节气动人工肌肉内部压力,传感器反馈实际输出的角度值或压力值,经 A/D 转换后传输给计算机。计算机经过 PID 控制算法,再经 D/A 转换后通过压力比例阀调节气动人工肌肉内部压力,控制气动肌肉机械手各个关节的运动。

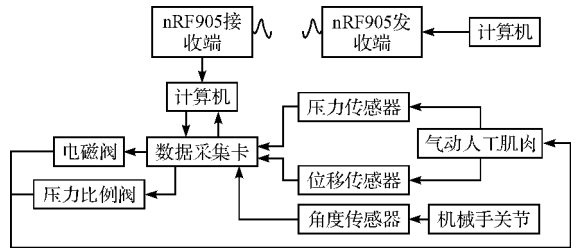


图 3 机械手控制原理图

## 3 气动肌肉机械手远程控制实现

如图 3 所示的控制原理图中远程控制系统设计是本研究的重点。本研究中远程控制系统硬件采用高速 C8051F020 单片机控制 nRF905 单片射频收发器,利用 C8051F020 的 I/O 端口作为与 nRF905 的 SPI 数据通信端口,来实现发送端和接收端之间的远程通信。

nRF905 射频收发器的工作模式有:ShockBurst TX 模式、ShockBurst RX 模式、掉电模式、SPI 编程模式<sup>[10]</sup>。本设计中采用 ShockBurst TX 发送模式和 ShockBurst RX 接收模式。系统的总体控制示意图如图 4 所示。通过 C8051F020 单片机对其 SPI 数据传输模式进行控制。PC 机通过 C++ 开发的串口通信界面,将要发送的压力值、角度值等数据通过 RS232 传输到 C8051F020 内存中,C8051F020 利用其 I/O 端口

作为与 nRF905 的 SPI 数据通信,将数据在 nRF905 发送端与接收端之间进行传输。接收端将接收到的数据通过处理器进行处理,将处理后的数据作用于与气动机械手相连接的数据采集卡,并对气动肌肉各个关节进行控制。

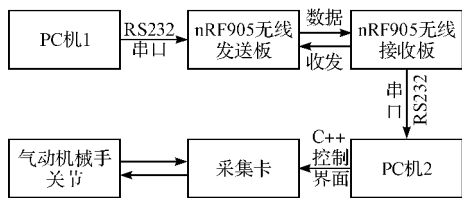


图 4 总体控制示意图

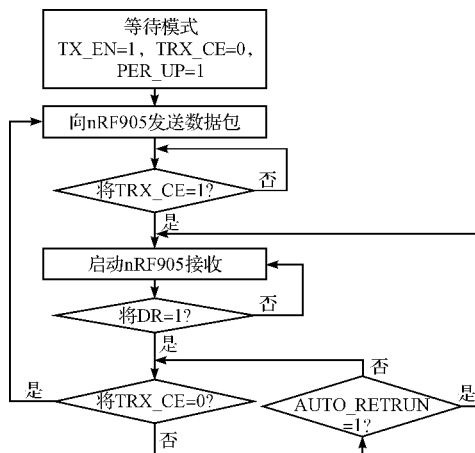


图 6 数据接收流程图

(1) 发送过程。在 ShockBurst TX 发送模式下, nRF905 自动产生字头和 CRC 校验码,按照发送时序图发送,发送完成后通知单片机发送完成。每次发送均为四位数据。首位数据为位选码,用于选择控制哪一路气路;第二位为发送数据的整数位;第三位为发送数据的小数位;最后一位可用于其它,例如小数位多余两位小数,可同时第三位和第四位同时作为发送数据的小数位。数据发送前置高 CE 端口, nRF905 自动加入字头和 CRC 校验码共同发送出去。数据发送流程图如图 5 所示。

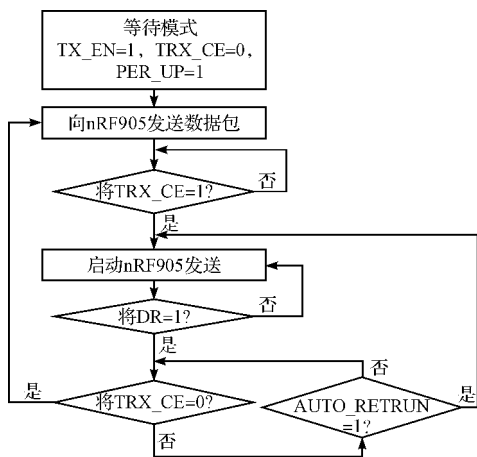


图 5 数据发送流程图

(2) 接收过程。在 ShockBurst RX 接收模式下,接收同样按照接收时序图接收,EN 端口置低 nRF905 进入接收模式。当一个正确的数据被接收到时, nRF905 的地址匹配引脚 AM 首先置高;紧接着进行数据的 CRC 校验,如果校验码正确, nRF905 的引脚 DR 自动置高,同时通知微处理器数据已经接收到,请求进行数据处理。数据读完时, nRF905 的引脚 AM、DR 自动置低。数据接收流程图如图 6 所示。

(3) 数据处理。微处理器成功读取 nRF905 接收端的数据后,对数据进行整合、处理,将处理完成的数据传输给数据采集卡。数据采集卡将从微处理器读取的数据通过 D/A 转换成气压值,经作用于控制气动机械手各个关节运动的气动肌肉上,实现机械手各关节的运动。

### 4 远程控制作用于气动机械手实验研究

本研究将远程遥控系统,在空旷地 700 m 和室内 100 m 区域内对气动肌肉机械手进行了实验研究。在远程发送端发送不同的角度值或压力值,通过远距离传输作用于气动肌肉。气动肌肉内部为不同压力时,驱动机械手关节输出不同的角度位移。远程遥控系统作用于气动机械手的腕关节、肘关节、肩关节的关节运动结果如图 7 所示。

(1) 气动机械手的初始位置如图 7(a) 所示。当气动机械手腕关节处于工作状态时,在室内 100 m 区域内利用发送端发送一定数值的角位移给接收端(图中所示为 15°),接收端将处理后的数据作用于气动肌肉。角度传感器采集腕关节的实际运动角位移,通过 PID 控制来实现腕关节的闭环控制。腕关节运动结果如图 7(b) 所示。

(2) 某一时刻气动机械手肩关节的初始位置如图 7(c) 所示。当气动机械手肩关节处于工作状态时,在室内 100 m 区域内发送端发送不同的压力值(图中所示为 0.3 MPa 和 0.5 MPa) 分别作用于驱动肩关节的一对气动肌肉上,机械手的肩关节运动结果如图 7(d) 所示。在空旷地 700 m 区域内远程数据作用于肩关节

的另一自由度上的运动结果如图 7(e)、(f)所示。

(3) 某一时刻气动机械手肘关节的初始位置如图 7(g)所示。当气动机械手的肘关节处于工作状态时,在室内 100 m 区域内接收端将接收到的一定气压值(图中所示为 0.3 MPa 和 0.5 MPa)作用于驱动肘关节的一对气动肌肉上,机械手的肘关节运动结果如图 7(h)所示<sup>[11-12]</sup>。

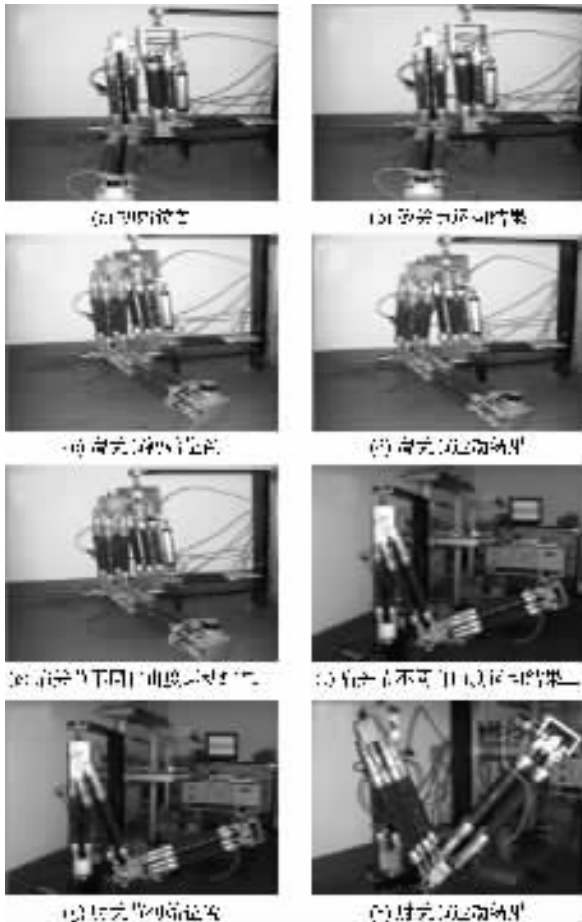


图 7 机械手关节运动结果图

## 5 结束语

本研究以气动肌肉作为驱动器,依据人体手臂结构和运动方式,搭建了一种多自由度的气动肌肉机械手样机。利用 nRF905 射频收发器和 C8051F020 单片机进行了远距离无线传输系统的设计。实验结果表明,

该控制系统能够很好的在空旷地 700 m 和室内 100 m 区域内对气动机械手进行远距离控制,较好地实现了机械手肩关节、肘关节和腕关节的柔顺运动,满足了实际使用需求。它在灾后救援、清理废墟等危险作业环境下具有良好的应用前景和潜力。

## 参考文献 (References):

- [1] 李天庆,张 华,刘继忠. 移动护理床机器人无线控制系统的设计[J]. 机电技术,2008(3):12.
- [2] 于海峰,权继宽. 计算机-PLC 在机械手远程控制系统中的应用[J]. 微计算机信息,2007,23(11):74.
- [3] 邱会强. 深海水下作业型机械手仿形手柄控制技术研究[J]. 机电工程,2005,22(6):40-43.
- [4] KRASNOVA S A. Cascade design of manipulator control system with consideration for dynamics of electric drives[J]. *Automation and Remote Control*,2001,62(11):1803-1824.
- [5] 王 涛. 主从遥控机械手从手端驱动控制[D]. 长春:吉林大学材料科学与工程学院,2006:12.
- [6] 彭光正,王毅枫,孙海默. 一种气动人工肌肉驱动的七自由度仿人手臂的设计[J]. 液压与气动,2007(1):1.
- [7] HASHINOTO K, IMAEDA M, ISHII A. Trajectory control of a one-link arm using pneumatic robot actuators application of preview learning control[S].
- [8] 范 伟,彭光正,黄 雨. 气动人工肌肉驱动器的研究现状及发展趋势[J]. 机床与液压,2003(1):32-36.
- [9] TONDU B, LOPEZ P. Modeling and control of McKibben artificial muscle robot actuators[J]. *IEEE Control Systems Magazine*,2000,20(2):15-38.
- [10] 王 萍,陈长青,龚 睿,等. 基于 nRF905 的无线串口通信系统[J]. 微计算机信息,2007(32):11-12.
- [11] 王干永,李克修,章 军. 单根气动膨胀人工肌肉驱动多铰链柔性关节的静态分析[J]. 轻工机械,2008(2):88-90.
- [12] 汪功明,姚道如. 液压转位机械手的 PLC 电气控制[J]. 轻工机械,2009(3):47-49.

[编辑:张 翔]