

一个仿生机器人关节控制算法的探索与实现*

Exploration and Implementation of a Joint Control Algorithms for Bionic Robots

李模刚 贾春防 邓 威 (广东南方职业学院智能制造学院, 广东 江门 529080)
莫世雄 (兰州石化公司仪表厂, 甘肃 兰州 730060)

摘要: 主要介绍在仿生机器人关节中一种控制算法的实现, 构建了以步进电机为核心机的机器人关节, 以 STC89C52 单片机为软件平台提出了控制算法, 编写了控制程序。经实验环境的测试证明了该算法及关节运动的正确性、可用性、可行性, 为关节型机器人的应用实践提供了一定的理论和实践依据。

关键词: 机器人; 关节; 单片机

Abstract: This paper mainly introduces the realization of a control algorithm about the joints of micro-robots, the joints of micro-robots with stepper motor as the core machine are constructed. The control algorithm is proposed on the software platform of STC89C52 singlechip microcomputer and the control program is written. The experimental environment test proves the correctness, practicability and feasibility of the algorithm and joint motion, which provides a theoretical and practical basis for the application of joint robots.

Keywords: robot, joint, singlechip microcomputer

多足机器人是通过模仿动物的运动形式, 采用类似于动物的肢体结构来完成多种移动功能的一类机器人。此类机器人可以在崎岖的路面移动、能适应复杂的环境, 准确地完成特殊任务和难以完成的工作。多足机器人一直是国内和国外机器人研究人员和研究机构探索的热点之一^[1-6]。开展多足机器人的理论和技术的研究与探索, 对于机器人系统的设计与实现有着极其重要的现实意义。本文提出对多足机器人关节的研究, 为多足仿生机器人的设计与深入探索提供基础。

1 仿生机器人的关节

如图 1 所示^[1], 这是四足机器人的基本模型, 图中每个足有 J1、J2、J3、J4 四个关节。

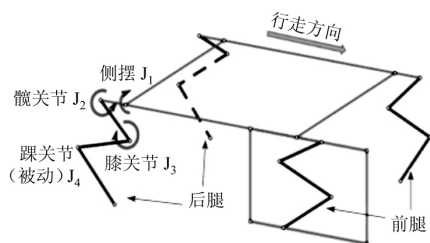


图 1 多足机器人模型

其他多足机器人, 可能含有更多的足, 或者更多的关节。但是每一个关节, 对于机器人的就是一个自由度, 总体上来说多足机器人也是多自由度的机器人, 即多关节的机器人。

对于微型机器人, 从技术实现角度上来说, 一个关节可以由电机及控制系统来完成, 目前我们的研究项目是采用步进电机及单片机来展开的。

实验中, 关节模型如图 2 所示。连杆 1 与电机的转轴直接连接为一体, 连杆 2 与电机机



图 2 关节模型

壳连接为一体, 这样连杆 1、连杆 2 及电机转轴就构成了简易的关节。多足机器人的各个关节可以根据需求选择不同负载能力的步进电机来完成。

2 STC89C52 与电机的连接

硬件测试实验中使用 28BYJ-28 5V 步进电机来模拟关节, STC89C52 与电机的连接示意图 3 所示, M 表示步进电机, 需用一片 ULN2003 来驱动。

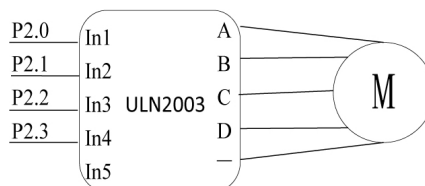


图 3 单片机与步进电机连接示意图

图中, In1、In2、In3、In4 等为 ULN2003 的输入端, 它们接收单片机 P2 口的输出, 对应 P2 口的低四位。A、B、C、D 分别对应步进电机的各相输入, “—” 是电机的地线连接端。ULN2003 由高耐压、大电流的七个硅 NPN 达林顿管组成, 它的输入可为 5V TTL 电平, 输出可达 500mA/50V。

模拟关节与实验板的连接如图 4。

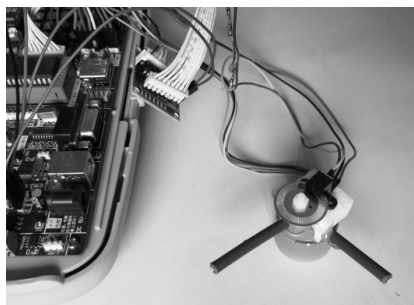


图 4 模拟关节连接实验板

* 广东南方职业学院教研基金(NFJY201807)

3 控制算法

步进电机的控制算法用流程图表示如图 5, 输入参量有三个, st 、 pp 、 $p0$ 及 $time$ 。其中 $st=1$, 关机停止动作; $st=2$, 关节伸开; $st=3$, 关机收回; pp 是关节位置; $p0$ 关节初始位置; $time$, 动作停顿时间, 返回参数是关节位置。M 为步进电机轴转动一圈的步长。

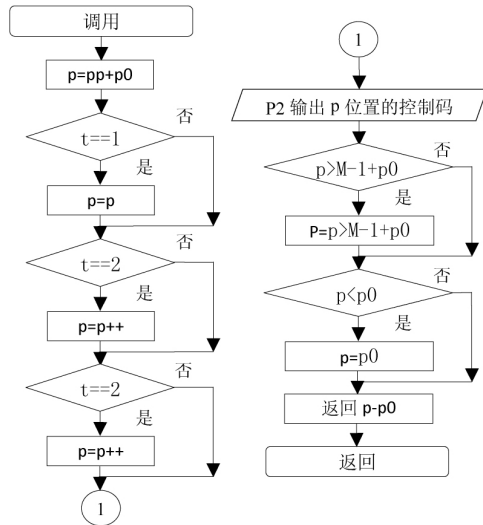


图 5 算法描述

考虑到关节的动作范围不可能超出步进电机轴转一圈的步长, p 的上下限之差为步进电机的转动一圈所需要的步数, 实际使用过程中需要将 M 调小一些; 算法中还需要用 $p0$ 来匹配关节的零点位置, 因为使用过程中会随关节在机器人中安装的具体位置不同而发生改变。

4 程序代码

程序由 C 语言来编写, 运行于 KEIL 环境。程序代码有对应步进电机的控制算法及应用主程序两部分组成。

(1) 控制算法的代码

这里面有一个基本延时代码 $Delay50us()$, 用来提供电机控制的转动最小时间间隔值, 以方便控制电机速度; $step8_joint()$ 是算法实现代码。

```

//stepmoter.h
unsigned char step8 [8] = {0x08, 0x0c, 0x04, 0x06, 0x02, 0x03, 0x01, 0x09}; //低 4 位控制电机
#define M 4100 //使电机输出轴转一圈所需的步数
void Delay50us(int n) //@@11.0592MHz
{
    unsigned char i, j;
    _nop_();
    i = n;
    j = 134;
    do
    {
        while (--j);
    } while (--i);
}

int step8_joint(int t, int pp, int p0, int time)
//st=1, 停止; st=2, 伸开; st=3, 收回; pp 是关节位置; p0 关节初始位置。
//time, 动作停顿时间, 返回关节位置。
{
    int p;

```

```

p=pp+p0;
if (t==1) p=p;
if (t==2) p++;
if (t==3) p--;
P2=P2&0xf0; //低 4 位清空
P2=P2|step8[p%8]; //低 4 位控制电机
Delay50us(time); //停顿 time*50us
if (p>M-1+p0) p=M-1+p0;
if (p<p0) p=p0;
return(p-p0);
}

```

(2) 应用主程序代码

应用主程序代码根据实际应用场景可以变化, 这里是一个测试例程。

```

//lmg.c
#include "reg51.h"
#include "intrins.h"
#include "stepmoter.h"
sbit P10 = P1^0;
sbit P11 = P1^1;
sbit P12 = P1^2;
sbit P13 = P1^3;
void main()
{
    int st=0, i;
    int k=1000; //k 用来控制关节速度
    while (1)
    {
        if (P10==0) st=1; //停止
        if (P11==0) st=2; //伸开
        if (P12==0) st=3; //收回
        if (k<=3) k=100;
        i=step8_joint(st, i, 2000, k); //参数 2, 关节位置; 参数 3, 关节初始位置; 参数 4, 停顿时间, 单位 50us,
    }
}

```

5 运行效果

1) 关节模拟。在上述类似应用主程序代码的控制下, 我们对模拟关节进行了伸开操作、收回操作、加速操作、暂停操作, 每个操作均可正常完成, 每个操作主要通过相应的独立按键或程序代码来控制实现。通过实验测试结果说明, 模拟关节具有关节的基本功能, 对于任意一对连接于一体的模拟关节, 一端连杆固定时, 另一连杆可以在一个平面内做近 360° 的转动, 与动物的关节运动模式基本吻合。通过对上述关节模型的使用发现, 使用步进电机的模拟的关节, 伸展收缩速度较慢、负载较小, 如果需要机器人有较强的负载能力, 需进一步探索负载大的电机来实现。

2) 教学效果。通过关节模型实验平台进行教学演示, 学生可及时测试感知关节动作, 理解关节动作与程序之间的关系, 理解控制算法与关节模型之间的关系, 从而真正理解控制算法是怎么控制机器人执行相关动作的。

上述算法在模拟关节的两方面研究与应用, 说明本文所述的步进电机控制算法是正确的、可用的、可行性的。

6 结束语

本文所述控制算法, 为步进电机在微型机器人应用提供了技术支持, 可应用于微型机器人领域, 制造爬行速度较慢、负载较小的机器人的关节控制。当然读者也可以在此关节模型的基础上探索多样化的应用型关节, 为智能制造的各方面应用服务。

(下转第 51 页)

```

    }
    else if(right.GetStateDown(hand.handType)){//快进
        animationPause.animator.speed = 4;
    }
    else if(right.GetStateUp(hand.handType)){
        animationPause.animator.speed = 1;
    }
    else if (up.GetStateDown (hand.handType)) { //播放 x2
        if (animationPause.animator.speed == 1) {
            animationPause.animator.speed = 2;
        } else if (animationPause.animator.speed == 0.5f)
            animationPause.animator.speed = 1;
    }
    else if (down.GetStateDown (hand.handType)) { //播放 x0.5
        if (animationPause.animator.speed == 1) {
            animationPause.animator.speed = 0.5f;
        } else if (animationPause.animator.speed == 2) {
            animationPause.animator.speed = 1;
        } else if (animationPause.animator.speed == 4) {
            animationPause.animator.speed = 2;
        }
    }
}
}

```

在完成交互功能的编写之后,打开 Unity3D 中的 Input System,创建与交互功能对应的交互动作,将二者进行绑定,如图 5 所示,然后进入 SteamVR 之中,将已绑定的交互动作与交互式手柄的各个按键进行绑定,就能够实现 VR 交互功能;最后通过 SteamVR Input 的实时测试功能进行动作测试,如图 6 所示。

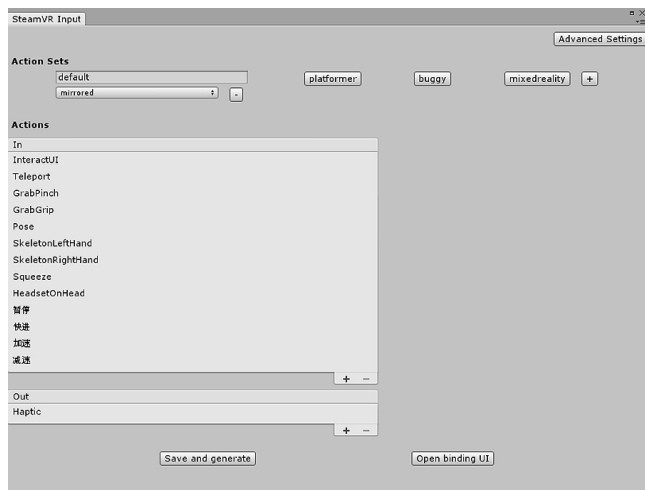


图 5 动作输入窗口

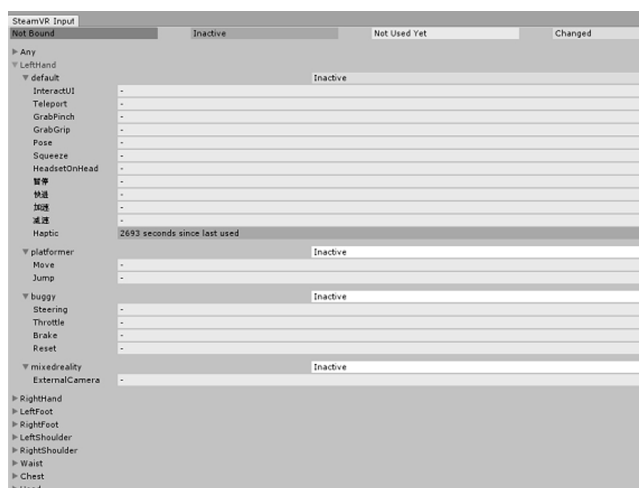


图 6 动作测试窗口

4 结束语

本文设计并实现了基于 Unity3D 的虚拟舞蹈培训系统,利用虚拟现实技术模拟传统舞蹈教育,并做相应的改进。系统为用户提供了一个逼真的学习环境,并且具有完善的反馈机制和交互性,文中还讨论了在开发中所涉及到的几个关键技术,并给出了相应的解决方案。本系统依旧处于试验阶段,功能仍需继续改进,反馈与评分的精确性也有待进一步的提高。文中所涉及到的技术同样也可应用于其他的虚拟教学和仿真领域。因此,运用虚拟现实技术进行虚拟环境下的教学有着广阔的前景和发展空间。

参考文献

- [1]赵孟洋.虚拟现实技术在高校体育舞蹈教学中的应用研究[D].广州:广州体育学院,2019
- [2]高媛,刘德建,黄真真,等.虚拟现实技术促进学习的核心要素及其挑战[J].电化教育研究,2016,37(10):77-87,103
- [3]周忠,周颐,肖江剑.虚拟现实增强技术综述[J].中国科学:信息科学,2015,45(2):157-180
- [4]王树斌.浅析 Unity3d 开发游戏流程及常用技术[J].电脑知识与技术,2012,8(22):5351-5352
- [5]赵旺.基于 Unity 的 VR 建筑安全培训系统[D].马鞍山:安徽工业大学,2018
- [6]李诗宁,师小燕,成红艳.基于 Maya 的人物动画研究[J].微型机与应用,2012,31(12):33-35
- [7]Alan Thorn.Unity 5.x 游戏开发实战[M].北京:人民邮电出版社,2017

[收稿日期:2019.10.9]

(上接第 48 页)

参考文献

- [1]孔垂麟,姜秀梅,岳永铭,等.四足仿生机器人斜面行走的运动研究[J].机械与电子,2019,37(7):58-63
- [2]梁美彦.基于 STM32 的四足仿生机器人设计与实验研究[J].测试技术学报,2019,33(1):34-41
- [3]杨秋黎,姜文波.多足仿生机器人的设计与实现[J].计算机产品与流通,2019,32(3):111-112
- [4]樊启润,唐彪,孙开鑫,等.六足仿生机器人的设计与实现[J].计算机测量与控制,2019,27(6):245-250
- [5]朱国杰,田文凯,吕承哲,等.六足仿生机器人机构与控制系统设计[J].测控技术,2017,36(1):55-58

- [6]李书婷,韩国富,吴小林,等.基于 STC89C52 单片机的教室灯控制系统设计与实现.自动化与仪器仪表,2017,26(1):33
- [7]王贺,王凤娇,于兰浩,等.基于 Arduino 的六足仿生机器人的设计与研究[J].南方农机,2017,48(16):33
- [8]郭占苗.基于 STC89C52 单片机的交通灯设计[J].工业控制计算机,2017,30(6):138-139
- [9]王秀琳,荆科科,青宗,等.基于 STC89C52 单片机的荧光舞设计[J].电子技术,2014,52(4):55-57
- [10]李模刚.Mcs-51 简洁通用 I/O 通道设计与实现[J].常州信息职业技术学院学报,2011,18(1):27-29

[收稿日期:2019.9.18]