

蛇形机器人的研究与开发

宋天麟, 王立军

(苏州大学应用技术学院, 江苏 苏州 215006)

摘要: 阐述了蛇形机器人的运动原理及其开发; 重点介绍了蛇形机器人系统设计中的机械结构、硬件电路和软件的设计。

关键词: 蛇形机器人; 舵机; 开发

中图分类号: TP242 **文献标识码:** A **文章编号:** 1671-5276(2005)06-0120-02

Research and Exploitation on the Snake-like Robot

SONG Tian-lin, WANG Li-jun

(College of Applied Technical of Soochow University, JS Suzhou 215006, China)

Abstract: The paper introduces the gait planning of snake-like robot. Article emphasizes on the machine construction design, hardware design and software design of snake-like robot system.

Key words: snake-like robot; rudder motor; exploitation

0 前言

蛇形机器人可适应各种复杂地形的行走, 其性能优于传统的行走机构, 在许多领域具有非常广泛的应用前景。如在有辐射、有粉尘、有毒及战场环境执行侦察任务; 在地震、塌方及火灾后的废墟中找寻伤员; 在狭小和危险条件下探测和疏通管道; 为人们在实验室里研究数学、力学、控制理论和人工智能等提供实验平台等等。

本课题通过对蛇的“直线运动”模式的研究, 模拟蛇身体多自由度的运动, 建立了多关节直线运动蛇形机器人动力学模型。并设计制作了一种新颖的蛇形多关节直线运动行走机构。

1 运动原理与设计

建立多环节刚体铰链的物理模型, 来模仿蛇的躯体, 各环节间用舵机带动, 以此实现相应角度的变化, 模仿蛇的弯曲运动。模型简单示意如图 1 所示:

图 1 中任一节都有弧状外轮廓, 以便于行走时与地面作一纯滚动。模型各关键组成部分:

各环节刚体: 要求用刚性材料来制作, 同时要求质量小、刚性好。最终执行机构选用铝材制作。

各节点: 要求各杆能绕节点光滑转动, 由设计要求可知, 节点即为动力输出点, 实际结构中, 节点处放舵机, 舵机盘外伸轴作铰链。

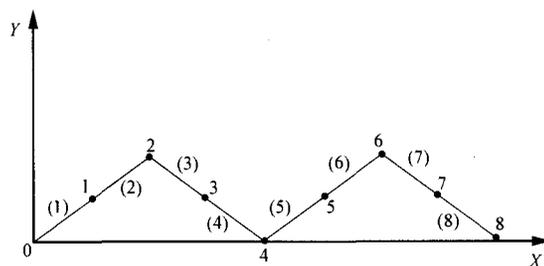


图 1 模型示意图

运动假设: 1) 与地面接触的各环节与地面作匀速的纯滚动; 2) 相邻两杆的转角在 -90° 和 $+90^\circ$ 之间变动, 转动顺序为 $0^\circ-90^\circ-0^\circ-(-90^\circ)-0^\circ$ 依次循环下去, 初始状态不同, 初始角不同; 3) 蛇体的运动有周期性。

运动类型确定及分析计算:

由蛇的运动周期性及转角变化规律的假设可知: 只需对 1~4 杆的前 1/4 周期进行分析即可求解全过程。1~4 杆前 1/4 周期分析:

由于各杆件是刚体, 长度已定。而 1、5 杆又与地面作纯滚动, 所以如果可以确定 t 时刻 ($t < T/4$) 各杆间的夹角, 则就可以确定 1~4 的运动状态。

对整个周期的各过程求解, 最终建立夹角随时间的变化规律为:

$$\begin{aligned} a &= -160t^2 + 240t & 0 \leq t \leq 1.5 \\ a &= 160t^2 - 720t + 720 & 1.5 \leq t \leq 3 \end{aligned}$$

2 机械系统设计

类似于关节机器人的设计, 蛇形机器人也是由多个关节组成, 各关节的动力部分用伺服舵机带动。

结构模式如图 2 所示: 两块内板夹住两只舵机 (偏斜一定角度安装, 既节省了空间, 又使得整体结构紧凑) 成为一节, 两边各有伸出舵机盘, 舵机盘与外板利用螺钉相连构成关节。

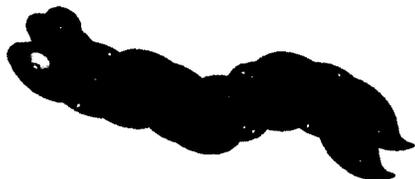


图 2

控制芯片 (单片机控制芯片以及遥控模块) 安装在头部。头部安装了两只眼睛, 利用螺钉连接。眼睛不只为装饰, 将其做成两个部件的装配结构, 上面的眼球可以拆卸, 可扩展传感器以便安装, 实现智能控制。

尾部是整个机器人的供电中心, 需要安装一块 6V 的电池, 为了使其在运动中稳定且不发生松动或滑落现象, 采用双侧卡槽的安装方式, 底部加上限位螺钉, 实验证实, 此结构安全可靠。

3 控制系统设计

本系统硬件原理如图 3 所示。以单片机作为核心控制各个舵机的动作, 实现直线爬行以及其它行为。同时采用一组无线遥控模块进行控制, 提高系统的灵活性。

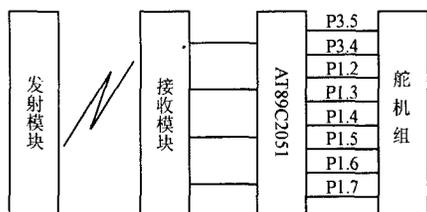


图 3

本系统微处理器采用 Atmel 公司的 AT89C2051。利用该单片机来控制对舵机的输入信号, 按照舵机转角的变化规律控制相应的脉冲宽度, 同时还要按照蛇体各个环节的转角关系, 协调控制 8 个舵机的工作。

无线遥控模块采用了包括以 TX-2 30224227 为核心的发射模块, 和以 KX-RC4014Ra 为核心的接收模块。该模块组共有四个通道, 有效范围 10M。

关节动力元件选用的是进口 FUTABA S-3003 型伺服舵机, 经测试其控制脉冲特性很好完成控制要求, 且价格适中, 性能稳定, 控制线性好, 无抖舵现象。

舵角所对应的脉宽函数式计算, 可求得 $D(\alpha)$ 表达式如下:

$$D = \alpha / 90 + 1.5^\circ$$

采用查表法编制程序: 即按公式 x 的规律在一周期内每隔 20ms 取一相应的 $D(t)$ 值, 建立数据表。单片机输出脉冲时仅需从该表中取值, 而无须实时计算出该时刻的 $D(t)$ 值, 节省了可贵的系统资源。

主程序及中断程序如图 4 所示。

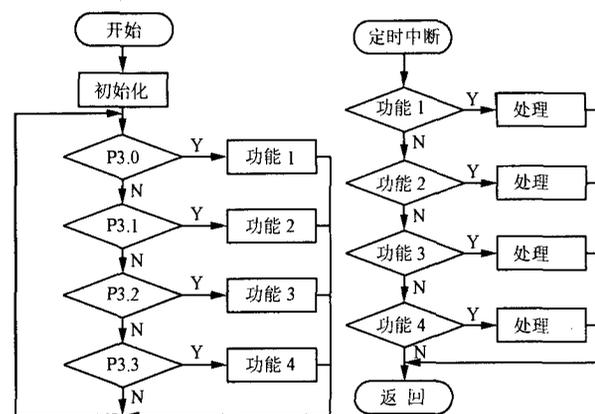


图 4

4 结论

根据以上设计研制成功蛇形机器人样机, 并参加了江苏工科院第二届先进制造技术实习教学与创新制作比赛, 获得二等奖。该样机基本达到了设计要求, 行走平稳, 可以完成多种动作, 如抬头、摆尾、快行和慢行等。进行扩展还可完成颜色、气味识别等其他功能。

参考文献:

- [1] 熊 翔, 等. 基于蛇类生物的仿生变体机器人研究[J]. 机电与控制学报, 2001, (12).
- [2] 汪 洋, 等. 蛇形机器人控制系统的设计与实现[J]. 机器人, 2003, (11).

收稿日期: 2005-05-08