

# 电磁驱动微小型机器人控制系统的研究

陈寅 颜国正 戎荣 林良明

(上海交通大学信息检测与仪器系 上海 200030)

**摘要** 介绍了一种新研制的电磁驱动微小型机器人的原理和控制系统,阐述了如何通过计算机来控制微机器人的运动参数,对数据进行采集分析,并较好地实现了人机通信。该系统主控制器是一台内插PC-6315模入模出接口卡的计算机,用来产生驱动机器人的波形信号,并同时运动参数进行采集分析处理,实时改变驱动信号以达到最优控制。

**关键词** 微机电系统 电磁驱动 微机器人

## 1 引言

近年来,微机电系统(MEMS)发展迅猛,在精密机械工程、生物医学、核工业及宇航等方面有着广泛的应用,是二十一世纪末的新型前沿学科。就一个微小型系统而言,是集微型驱动器、微型执行机构、微型传感以及信号处理、控制电路,甚至接口、通信等于一体的微型机电系统。其中对于微小型驱动器的研究和开发受到了国际机电领域的广泛重视,目前微小型驱动器采用的驱动原理大致有这么几种:电磁型、压电晶体型、SMA(形状记忆合金)型、静电型、气动型和热膨胀型。

本文介绍的电磁驱动微小型机器人,采用电磁力驱动,蠕动爬行,具有结构简单、体积尺寸小( $\varnothing_{mm} \times 60mm$ )、重量轻(5g)、进退操作方便、控制灵活等特点。该微型机器人通过计算机来控制,由计算机产生驱动信号,机器人的各项运动参数经A/D卡采集后反馈给计算机,进行分析处理。

## 2 电磁驱动微小型机器人的运动原理

该微小型机器人采用电磁式驱动,由四节驱动单元构成,如图1所示。其中驱动单元1、2、3上绕着线圈,利用通电线圈和磁芯之间会产生相对运动来实现机器人的动作。即借助于驱动

器与所爬行界面间的摩擦作用,通过给线圈加一系列时序脉冲的控制,依次使各单元动作,以多拖少而达到蠕动式爬行的运动形式。在驱动单元中,永久磁铁棒作为线圈的磁芯,由于放置在外磁场中的载流体会受到安培力的作用,则线圈处于永久磁铁所产生的磁场中。当线圈中通以激励电流时,由于磁场的存在会使线圈受到安培力的作用,从而使线圈与磁棒之间产生相对运动,这就是驱动器的基本驱动原理。

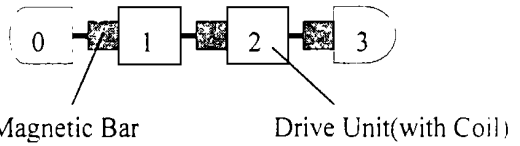


Fig.1 Framework of micro robot drive

电磁驱动器的四节驱动单元之间采用万向节联接,增加了驱动器的空间自由度,使整个驱动器的运行状态更接近于软体动物的蠕动爬行。设线圈未通电时为原始状态1,如图2所示。此时分别在驱动单元件的线圈1、2和3中通以如图3所示的控制信号。在  $t_1$  时刻,线圈1内通正向电平,线圈2、线圈3为零电平。此时,绕有线圈1的驱动单元件受到安培力作用产生与磁芯间的相对运动,带动驱动单元件0往右运动,而线圈2、3所在的驱动单元位置保持不变,如图2的状态2所示。在  $t_2$  时刻,线圈1中电平回复到零电平、线圈2跳变为正、线圈3保持零电平,则驱动单元件2与磁棒间有相对运动,由于驱动单元件1的线圈中此时没有控制电流,线圈与磁棒间不存在相互作用力,线圈1所在的驱动单元被很容易地沿磁芯向右移动,成为状态3。在  $t_3$  时刻,线圈1电平保持为零,线圈2回复到零电平,而线圈3则跳变为正电平,同样的原理,驱动单元件3和磁芯间的相对作用力,带动驱动单元件2往右移动,形成如图的状态4。在  $t_4$  时刻,线圈1、线圈2中电压保持为0不变,线圈3内跳变为负电平将驱动单元件3向右边推出,处于状态5。从  $t_1$  到  $t_5$  时刻的一个周期内,该驱动器实现向右运动了一小段位移,则微型机器人移动了等于这段位移的步距长。重复在各线圈内通以如上的控制电流,就可以实现微机器人的连续动作,类似于蠕动式的爬行运动。如果改变通给线圈1、2、3的三路驱动控制信号的时序和频率,就能改变驱动器的运动方向及驱动速度,达到微机器人的运动要求。

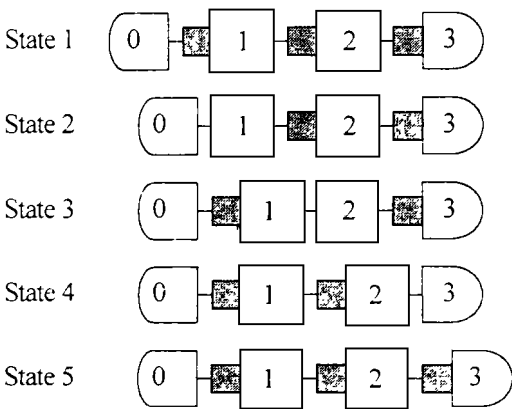


Fig.2 Moving principle of drive

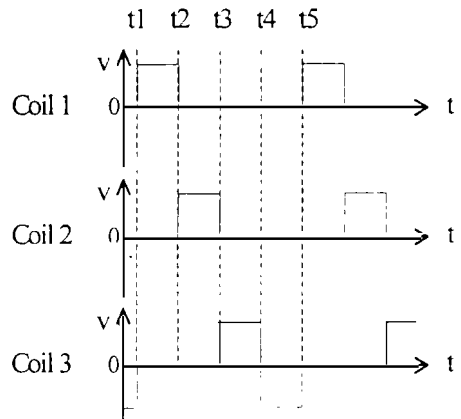


Fig.3 Scheduling of control signal

图3所示为理想的驱动控制信号波形。在实际操作中,驱动器的运动特性将受到界面的摩擦力、粘附力大小及分布不均匀性等的影响。因此,驱动信号的幅值及其频率应具有可调节功能,以使驱动在界面上的运动达到最佳状态。驱动信号的产生和控制由计算机来实现。

### 3 驱动信号的产生与系统的控制

从驱动器的运动原理来看,只要在线圈中周期性地通以图3所示的控制信号,就能够实现微机器人的反复动作,即微机器人的运动由一系列方波来控制。这些方波由计算机通过 D/A 卡来产生。本系统采用了 PC-6315 模入模出接口卡,它安装使用方便,其模入模出信号均由卡上的扁平带缆插头与外部信号源及设备连接。它的 D/A 变化可以产生 0~10V 的可调电压范围,作为信号源用以控制微机器人驱动器的线圈电流。接口卡有多路输出,取其中的三路分别通给三只线圈。计算机产生的方波信号,经功率放大后驱动电磁线圈,改变 D/A 转换输出的电压值,则线圈内电流的变化,将引起驱动力、线圈温度、运动速度、步距等参数的变化。根据微机器人运动的不同状态,可以改变输出电压值来达到运动参数的要求。改变驱动信号的频率,则可以改变微机器人的运动速度。

微机器人的运动参数通过传感器测量出来,经过接口卡的 A/D 转换成数字信号后反馈给计算机,分析出这些参数与电流变化的关系,得出最佳的控制信号。这一系统能够较好地实现对微机器人各运动参数的控制和分析。控制框图如图4所示。

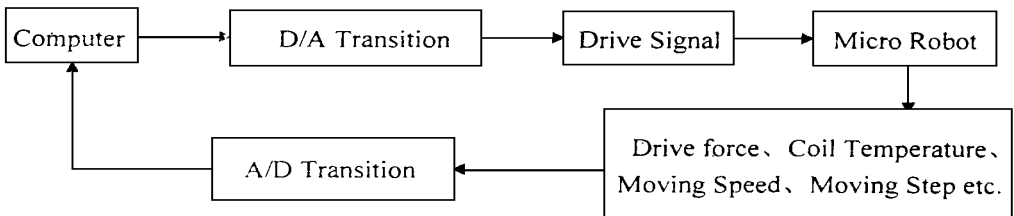


Fig. 4 Schematic drawing of system control

### 4 软件的设计

本控制系统的软件采用了 VB、C、汇编语言结合编程。整个控制基于 Windows 平台下进行,利用 VB 语言编制了友好美观的界面,可以方便地操作机器人。但由于 VB 不提供访问端口的底层操作,因此对端口 I/O 的操作由 C 语言、汇编语言来完成,在 VB 中通过 Shell 语句来实现对其它语言的调用。该软件具有一个主控界面,通过对界面的操作可以实现数据初始化、改变运动方向、速度和移动步距、显示打印参数、结束返回等功能。

该控制系统的核心是驱动波形的产生、控制以及各运动参数的数据交换。利用 VB 语言的文件操作功能、C 语言的标准输入输出函数和对文件的读写功能,将计算机 D/A 采集卡所得的数据以文件的形式保存。在程序的运行过程中,对这些数据文件重复地进行读、写操作,可以按要求实时地传递和交换各项参数。驱动波形幅值、频率的改变、参数的保存就是通过这种方法来实现的。而线圈的温度、驱动力、移动步距、运动速度等运动参数需要打印、分析处理时,读取保存于硬盘上的数据文件,就可以得到所需得结果。控制流程如图5所示。

## 5 结 论

本文介绍了一种电磁型微驱动器的结构及其控制系统。目前系统的一些问题还有待于解决,诸如线圈发热的改善、输出效率的提高及系统的最优化设计等,但它的优点和应用前景是明显的。该电磁驱动式的微机器人结构简单,外形尺寸小,重量轻,并且运动速度较快,进退控制方便。对微机器人的控制完全由计算机来实现,控制信号的产生、调节、运动参数的分析处理等都通过插有模入模出接口卡的计算机完成。由 VB 编制的控制界面较好的实现了人机通信,通过鼠标就可以方便地控制该微机器人进入细小管道进行检测、探伤等操作。

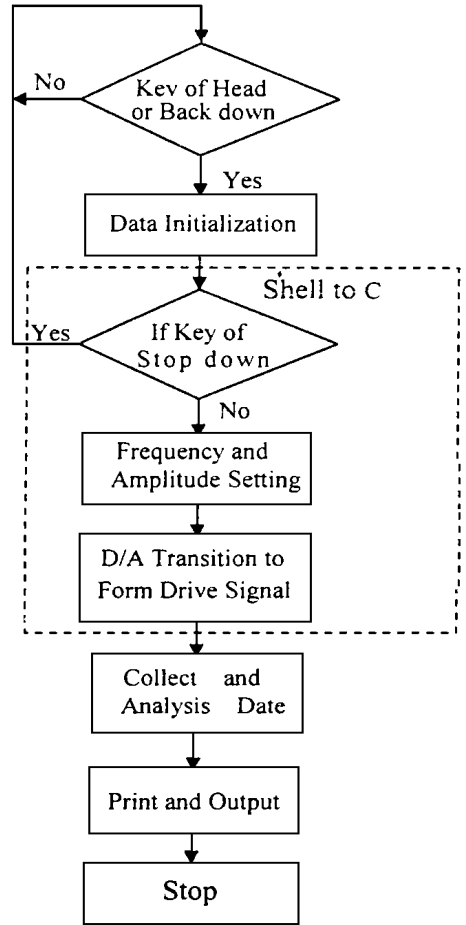


Fig. 5 Scheduling of control system

## 参 考 文 献

- 1 Hiroyuki Fujita. Future of actuators and microsystems. *Sensors and Actuators*. 1996, A56: 105 ~ 111
- 2 Naomasa Nakajima. The scope of micromachines. *Proceedings of country reviews and topics, Micromachine Summit, Kyoto, JAPAN*. 1995: 195 ~ 200
- 3 周兆英, 叶雄英, 崔天宏, 张联. 微米纳米技术及微型机电系统. *光学 精密工程*. 1998, 6(1): 1 ~ 7

## Study of Electromagnetic Driving Micro Robot Control System

CHEN Yin, YAN Guo-Zheng, RONG Rong, LIN Liang-Ming  
(*Dept. of Information Test and Instruments of SJTU, Shanghai 200030*)

### Abstract

This paper describes the theory and the control system of a newly typed electromagnetic micro robot. It gives out how to use the computer to control the micro robot, and analysis the data collected. The main controller of this system is a computer with a PC-6315 A/D, D/A card. It can gives actuator signal, and collects the motive data in real time. These data will be analyzed by the computer after A/D transition so as to change the drive signal to realize the optimal control.

**Key words:** MEMS, Electromagnetic force, Micro robot

陈寅女, 1975年2月生, 上海交通大学精密仪器及机械专业博士研究生, 从事微型机器人驱动器及微传感器的研究。