

文章编号: 1002-0446(2001)01-0031-05

HERO 型移动机器人控制器的研制和开发

董 虹¹ 吴山东² 陈一民²

(1. 上海市机电工业学校 200093; 2. 上海大学 200072)

摘 要: 本文介绍了以高档 PC、PLC 和无线通信作为控制器核心的 HERO 型移动机器人控制器的研究开发技术, 给出了移动机器人控制器硬件系统结构和控制器软件体系结构, 分析介绍了控制软件系统中的各功能模块的作用与特点, 着重介绍了软件中采用的关键技术. 已投入使用的机器人的良好性能证明了其控制器技术方案的合理性.

关键词: 任务解释; 示教; 仿真; 多线程; WinSocket; OpenGL

中图分类号: TP24 **文献标识码:** B

RESEARCH AND DEVELOPMENT OF HERO MOBILE ROBOTIC CONTROLLER

DONG Hong¹ WU Shan-dong² CHEN Yi-m in²

(1. Shanghai Electromechanical Industry School 200093; 2. Shanghai University 200072)

Abstract The HERO Mobile Robot body is made of 8 joints, a PLC, and a wireless communication device. Its controller is based on an advanced PC and control software system, which uses the windows' multithreads, wireless RS232 communication, WinSocket network programming interfaces, and OpenGL simulative technology. The structure of hardware and software of the Mobile Robot is introduced, and the functions of the modules of the software are also described. The control system can interpret robot task program and drive robotic body running, according to the teaching instructions or programs. This control system can also implement off-line programming. When robot running, a client PC in LAN can simulate the robotic current attitudes real-time.

Keywords: interpret, teach, simulate, multithreads, WinSocket, OpenGL

1 引言

HERO 型机器人是西德产八关节教学用移动机器人. 由于其控制器已损坏, 课题组在其本体基础上进行了控制器的研发工作, 取得成功. 新控制器的核心是 PII/400 高档微机、本体上的 PLC 可编程逻辑控制器、无线通信系统以及运行于 Windows 95 软件平台上的控制软件、机器人指令解释器、机器人示教程序和三维图形仿真软件. 为了在该平台上达到实用性能指标, 应用了适用的软件工程原理和程序设计技术.

2 机器人本体结构体系

HERO 型移动机器人外形类似于足球机器人,

由手臂、头部、躯体、足部组成, 共八个自由度(关节), 分别由八个步进电机控制其动作, 可作出手爪开合, 手腕、手臂转动、伸缩等联合动作, 并能在车轮驱动下在平面上运行(如前进、后退、转弯等); 本体上的控制核心是本体计算机(PLC), 由它对关节发送脉冲, 控制机器人的所有动作及声音, 同时 PLC 针对上位计算机(PC 机)的指令作出反馈信息; 连接本体计算机(PLC)和上位计算机 RS232 串行口上的一套无线通信系统完成计算机与本体间的无线通信任务. 移动机器人控制系统如图 1 所示. 机载计算机(PLC)是现场作业的工具, 考虑到由于 PLC(可编程控制器)采用单片机系统, 处理能力并不强大; 而且单片机的软件设计调试手段相对较为原始, 开发周

期长, 将 PLC 设计为不具备智能的设备, 所有的数据处理工作均由 PC 机负担, 而 PLC 只负责接受命令、传送信息、根据 PC 指示控制机器人动作. PLC 与 PC 之间通过无线通信系统通信. 另外, 本体上的扬声器

在机器人运动时发声, 内置蓄电池提供整个机器人工作时的电源, 并用光电编码器检测方向轮的转角, 以确定机器人的位置.

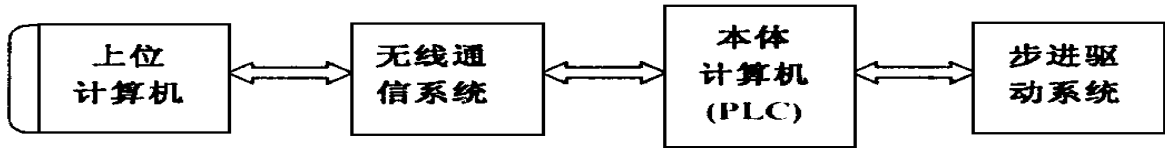


图1 移动机器人控制系统结构

Fig. 1 Control system architecture of the mobile robot

2 控制器软件体系

控制器软件是在基于 MS-W indows 98 操作系统, 采用 V isual C+ + 6.0 开发而成的.

控制软件主要由六大部分组成, 即机器人任务解释、示教编程、任务指令编辑、RS232 串行口通信、

LAN 局域网络通信、局域网客户仿真. 软件的核心技术是 W indows 的多线程、RS232 通信、W inSocket 网络通信和 OpenGL 三维图形仿真.

控制软件的体系结构图如图 2 所示.

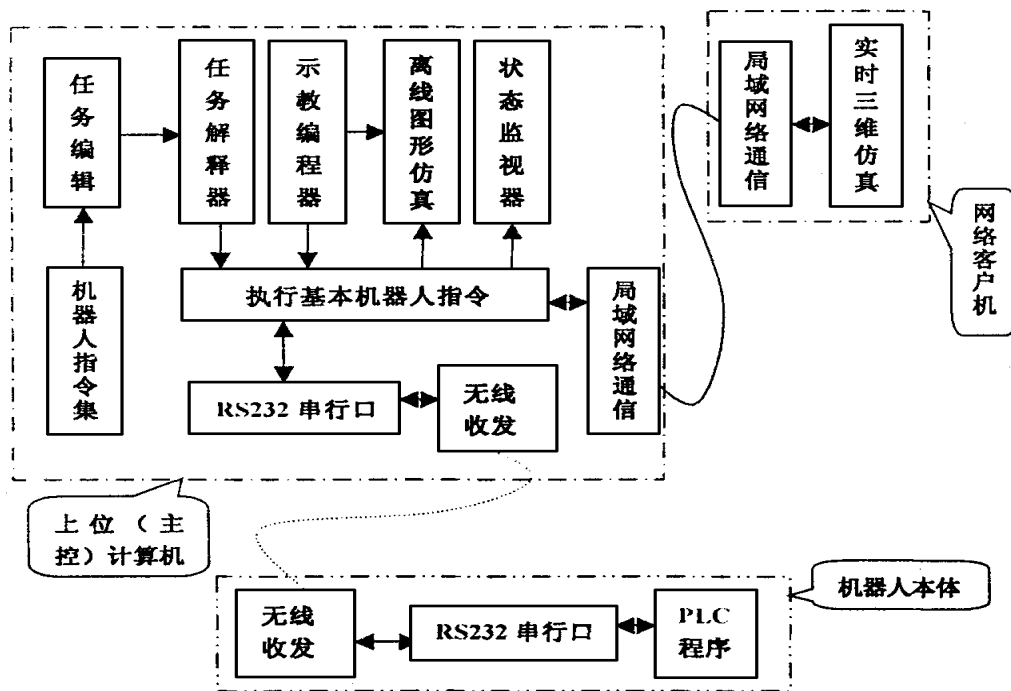


图2 移动机器人控制器软件体系结构图

Fig. 2 Software architecture of the mobile robotic controller

3 机器人控制过程和关键技术

上位(主控)计算机将机器人控制指令通过无线通信系统发给机器人本体上的 PLC, PLC 得到指令后, 其内部控制程序根据指令发出相应的信号给步进电机控制器, 再由步进电机控制器发出脉冲信号

控制机器人各关节的运动. 同时 PLC 将通过无线通信向上位机提供各种反馈信息, 反馈信息包括: 串行口通信协议的 PLC 应答帧、本体的运行状况信息和机器人本体的当前位置值, 其中协议应答帧保证了无线串行通信的可靠性, 同时也向系统其他模块报

告通信的状态值;本体的运行状况信息(如故障、错误、电源不足等)也是主控计算机的状态监视器的数据源之一;机器人的当前位置值是主控计算机主动到 PLC 连续读取的,由串口的数据读取线程实现的,软件主控模块可在用户界面刷新数据的同时将数据发送给局域网上客户机进行机器人运动仿真。

在 PLC 内部,由机器人指令确定的机器人运动

的目标位置值在运动结束前是保存在存储器上的,而当前位置则由 PLC 内部处理逻辑连续读取并在相应的存储地址刷新供上位机读取。PLC 内部采用了“双缓冲”技术,如图 3 所示,由于上位机的指令解释速度比机器人的运动速度快,PLC 用双缓冲连续接收并存储两条机器人指令,PLC 内部处理逻辑和

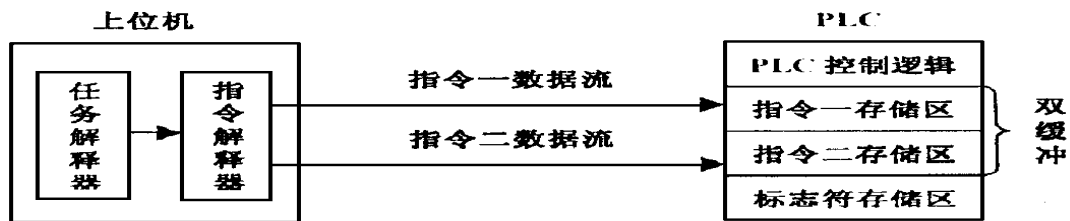


图 3 PLC 双缓冲技术

Fig. 3 Dual-buffer technology of PLC

数据的平滑有效地防止了机器人运动时相邻两条指令间的抖动,从而使机器人运动平滑。

机器人手臂的转动、头部的水平转动和方向轮的转动都有一对限位开关限制动作范围,PLC 实时读取限位开关状态,一旦限位开关闭合,PLC 会自动停止相应的动作。其他动作范围由计算机发给 PLC 的指令决定。车轮每转动 10 度(可调)发给 PLC 一个脉冲信号,PLC 据此信号测算机器人前进或后退的距离。

由于系统必须处理大量的数据和信息,因此对他们的管理和处理上的合理分工非常重要,从系统的组成特点和实时性和各种性能指标考虑,指令和机器人位置数据的格式存储全部采用面向对象的数据类管理,结构清晰;位置信息是最关键的动态数据,分三级处理:PLC 根据目标位置处理、产生当前位置的原始数据;上位机负责读取位置数据并分析保存,并通过网络发送给客户机仿真进程;客户机对收到的数据进行校验,并做脉冲到角度的转化计算,最后刷新仿真图形。

4 控制软件的主要模块

4.1 机器人任务解释器

机器人任务解释器是控制软件的关键模块,是控制机器人做规划运动的驱动器。机器人一般都有自己的指令集(也称为机器人语言),指令的集合就组成了一个特定的机器人任务,类似于一段计算机高级语言程序,它一般以计算机文件方式存放。通过对任务文件的编译、解释,机器人指令的具体执行,

机器人才能完成各种工作。

由于机器人任务程序的组成除了一般的机器人运动指令外,还包括结构化程序设计的控制语句,如 FOR 循环、IF 判断等;另外,由于对任务执行过程有严格的时序控制和方便的用户操作要求,如用户有单步、连续、循环执行的执行选择方式和随时暂停、继续、终止执行的权利;加之控制软件必须同时完成多项功能,多任务的功能需求要求程序内部必须采用类似于操作系统“分时”概念的方法,因此在软件开发过程中采用了 WINDOWS 的多线程(MULTI-THREADS)技术,开设了任务、指令两道异步线程,任务线程负责任务文件中指令的输出和联合解释控制,指令线程负责具体的指令执行;通过事件(EVENTS)信号协调两道线程之间的同步。实践证明,这一技术方案成功地解决了单 CPU 微机在 WINDOWS 操作系统下实时控制机器人的问题,程序运行可靠,操作十分方便,可移植性好。

机器人程序包含一系列运动指令。机器人程序解释器扫描、解释机器人程序文本,激活任务和指令线程。在运行过程中该核心模块表现出了较高的效能,功能复杂但操作非常方便,受到了用户的喜爱。

4.2 机器人示教

机器人示教就是使得机器人先学习(在线获取机器人运动数据以生成指令),后实践(解释执行机器人任务/指令),以完成各种各样的新任务。一般的工业机器人都配有专门的示教器(硬件),我们采用键盘和图形示教方式。示教软件直接驱动机器人本体,而且可单独控制某一个关节的动作。在控制器的

的示教编程模块,用户可以单独驱动需要的关节到达目标位置或完成某一动作,然后生成指令进而任务文件,随后就可以启动任务解释器控制机器人联合运动.如我们可以示教机器人抓取一杯可乐并送到指定地点后倒入另一个杯子中,此后就可以让机器人依据示教内容做重复劳动了.

离线编程一直是机器人控制器研究的一个热点和难点,主要是仿真不过关.而我们的控制器完全可以针对教学演示实现离线编程,用户能在脱机情况下示教并完成机器人任务文件的编制,最终将机器人指令下装到机器人控制器中执行;系统还能满足很多情况下一般性控制演示的需要.系统中的图形示教就提供了这一功能,在对机器人本体进行机械建模的基础上,利用 OpenGL 开发的三维仿真图形,色彩逼真,视图控制非常灵活,成为本系统的一大特点.实践证明,完全可以利用这一功能进行随意的离线编程,极大地提高了示教的效率.值得一提的是运行在客户机上的实时仿真软件也利用了类似的开发技术,后面将有详细的介绍.

4.3 通信模块

通信模块在控制软件中承担了大量的数据和信息交换工作,主要包括两方面:

1. 上位计算机与机器人本体的通信.这一底层通信是通过 RS232 串行口上的无线通信系统完成的.上位机负责向机器人本体的 PLC 发送机器人指令,包括指令 ID、关节运行脉冲数、速度等级等数据. PLC 则向上位机发送对指令的接受反馈和运行、位置等反馈信息,使得上位机及时掌握本体的指令接受、运动情况,应付各种故障和事故,作出续发、重发、等待等相应措施.另外,机器人运动过程中,上位机还连续不停地从 PLC 读取本体的当前关节位置,为网络客户仿真及时提供原始数据.上位机和 PLC 的高层通信协议是遵循 PLC 的通信规程的.不难看出:串口通信模块是相对比较复杂的,上位机和 PLC 的帧交换、数据校验、时序匹配等工作使得串行口的负担较重,这里也采用了多线程技术.

2. 上位计算机(也称主控计算机)与局域网络客户机之间的网络通信.这里利用了 WinSocket 底层网络编程接口,实现 Windows 98 下网络进程间的通信. WinSocket 接口处于网络模型的高层,与底层协议无关,原则上可运用于各种不同的网络系统,甚至 INTERNET.客户机上的 3D 仿真软件可从主控计算机得到机器人本体的当前位置,进而实现实时仿真.另外,利用它我们还可进行图形示教及机器人远

程控制.

4.4 建模和仿真监控

客户仿真软件的核心是机器人本体的机械建模和仿真技术.机器人本体有自己的造型特点,各组成部分(关节)并不固定而是有相对运动,因而应根据机器人各部分的运动关系将机器人分解为几个不同的独立单元,使得独立单元中的各个形体间的相对位置在机器人运动过程中保持不变. HERO 型移动机器人本体的物理建模采用的是 Solidworks,这是一个基于 PC 和 Win9X/NT 平台的三维实体 CAD 系统.模型的数据格式采用的是 VRML 1.0.之所以选择 VRML 是因为它是一种非常通用的虚拟现实建模语言,目前有很多工具能够实现实体的 3D 几何模型和 VRML 数据格式的互相转换,VRML 也已日渐成为 Web 三维造型的主流格式.以 VRML 格式存放的建模数据,以文件的方式存放在系统目录内供仿真系统使用,即系统具备接收 VRML 格式数据的能力.

HERO 型机器人的客户仿真是具有光照的三维实时动画.仿真和监控系统的图形开发核心是 OpenGL. OpenGL 是目前应用非常广泛、功能强大的图形库,得到了许多不同的硬件平台和软件平台的支持.仿真监控系统采用多视图向用户展示机器人的运动过程(如图 4 所示),并对视图进行任意的缩放和平移、旋转等,也可以对单个机器人关节进行运动微调或者集中放大监控某个局部区域,以寻求最佳的观察效果.同时可随时监视机器人的运动状态,捕捉机器人的运动状态信息供日后分析.由于数据的处理负荷较重,因此客户机的性能直接影响到仿真的效果,特别是显示卡更是一个重要因素,我们使用的是 ASUS V3000(8M SGRAM、RIVA 128 图形加速)显示卡.

在仿真模块的开发中采用了 OpenGL 的显示列表(Display List)技术.显示列表是为优化显示性能、提高速度而设计的,是一组为以后执行而存放起来的 OpenGL 命令.它存放在高速缓存中而不是动态的数据库,一旦建立了显示列表后,就不能被修改.通常显示列表被预处理,所以执行同一组操作的效率较直接执行指令方式明显提高.由于机器人在运动过程中,仅是机器人各部件间发生旋转和平移、伸张等运动,部件本身的组成不会发生变化.场景的组成也不会发生变化,因此在实际进行运动模拟时,对每个运动单元采用显示列表的方式进行显示,而用直接执行指令来确定其相对位置与姿态.

在程序设计中将网络通信接口作为独立的输出设备,用户可以自由地选择输出,有利于对机器人任

务的脱机调试.



图 4 图形示教机器人参照示意图

Fig. 4 HERO mobile robot reference diagram under figure teaching

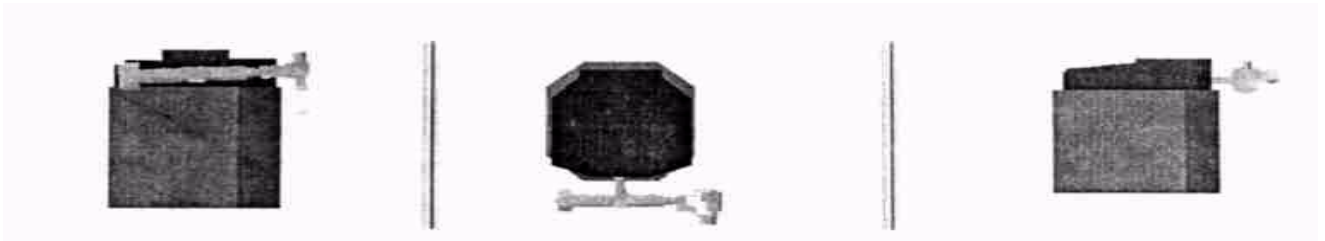


图 5 机器人多视图 3D 仿真监控示意图

Fig. 5 Multiviews 3D simulating and monitoring diagram of HERO mobile robot

5 结论 (Conclusion)

HERO 型移动机器人控制器的开发涉及到计算机、机械建模、自动控制和无线通信等多个交叉学科,是一个综合性的研究课题.目前机器人控制器已交使用单位,投入正常运行.本机器人控制器结构清晰,控制功能强,与原控制器相比,增加了示教、图形示教(即离线编程)和客户三维仿真功能;在控制器中参照工业机器人一般标准定义了灵活的 HERO 机器人指令集合,可方便地增、删和修正指令及其解释程序;面向对象的软件工程技术使系统各模块的耦合度很低;无线通信技术则扩大了机器人的活动空间;整个系统界面友好,操作方便,通用性强,在使用过程中表现出良好的性能.

参考文献 (Reference)

- 1 Frohlich P. New Trends in Automation: Concepts of PC-based Controllers. Real Time Magazine(Belgium), 1997(4): 67- 70
- 2 Cawfield D. Open Control Software: The Ingredients That Make It Work So Effectively. Instrumentation and Control Systems, 1997(10): 45- 50
- 3 Dong F F, Meng M. A Computer 3D Animated Graphical Interface for Control and Tele-operation of a Robot System. Proceedings of 1997 IEEE International Conference of Systems, Man and Cybernetics, 1997(1): 778- 783
- 4 Microsoft MSDN
- 5 美 Jeffrey Richter 著,郑全战 阿夏 译. Windows 95 Windows NT 3.5 高级编程技术. 北京,清华大学出版社,1996: 44- 64, 213- 304
- 6 HERO ROBOT 说明书

作者简介:

董虹(1963-),女,讲师.研究领域:数控技术与机器人研究.