

文章编号: 1002-0446(2002)03-0244-04

基于现场总线的分布式智能机器人感知系统研究*

张建军^{1,2,3} 葛运建² 陈卫^{1,2} 汪小龙^{1,2} 宋光明^{1,2} 唐毅^{1,2} 江建举²

(1. 中国科学技术大学自动化系 合肥 230026; 2. 中国科学院合肥智能机械研究所 合肥 230031;
3. 中国科学院机器人学开放研究实验室 沈阳 110016)

摘要: 感知系统是智能机器人与人、外部环境实现交互最重要的组成部分, 本文基于现场总线技术, 对智能机器人感知系统的总体结构、网络拓扑、软件设计、开放互联、即插即用等关键技术进行了探讨。

关键词: 智能机器人; 分布式感知系统; 现场总线

中图分类号: TP24 **文献标识码:** B

RESEARCH ON DISTRIBUTED INTELLIGENT ROBOT PERCEPTUAL SYSTEM BASED ON FIELD BUS

ZHANG Jian-jun^{1,2,3} GE Yun-jian² CHEN Wei^{1,2} WANG Xiao-long^{1,2}
SONG Guang-ming^{1,2} TANG Yi^{1,2} JIANG Jian-ju²

(1. Dept. of Automation, Univ. of Science and Technology of China, Hefei 230026;
2. Institute of Intelligent Machines, Chinese Academy of Sciences, Hefei 230031
3. Robotics Laboratory, Chinese Academy of Sciences, Shenyang 110015)

Abstract: Perceptual system is one of the most important components for the implementation of the inter-operation among intelligent robot, human and environment. Based on the Field Bus technologies, several key aspects including system architecture, network configuration, software design, open connectivity and plug-and-play of the distributed intelligent robot perceptual system are described in this paper.

Keywords: intelligent robot, distributed perceptual system, field bus

1 引言(Introduction)

随着现场总线的发展及其在过程控制应用中的不断深入, 现代过程控制系统已从 DCS(Distributed Control System, 集散控制系统) 向 FCS(Field Control System, 现场控制系统) 发展。现场总线技术使单个分散的现场设备通过总线连接成相互通信、协同操作的网络控制系统, 实现分布式、开放式通信解决方案。

智能机器人感知系统集成传感、控制、计算机、信息处理、网络通信、人工智能等技术于一体, 机器人技术的发展使其功能日益强大, 结构日益复杂, 拥有的异种传感器、执行器数量不断增多。目前, 智能机器人感知系统多采用基于 RS-232、RS-485 等协议组成的通信方案, 主要存在以下问题^[1]:

1、网络上只有一个主节点, 其余均为从节点, 无法构成多主或冗余结构系统, 主节点可靠性要求很高, 一旦主节点出现故障, 将严重影响系统功能。

2、采用命令—响应型通信方式, 网络数据传输效率降低, 主节点控制器负担较大, 从节点异常信息上传迟缓, 系统响应速度慢、灵活性差。

3、多机通信时系统通信速率明显下降, 实时性差, 不能满足智能机器人系统实时数据传送要求。

为使感知系统对每个传感器、执行器的状态、动作进行解析、协调、控制, 响应现场多种操作、任务, 并解决现行通信方式可靠性、实时性差等问题, 需要实施分布式控制方案。因此, 研究基于现场总线的分布式智能机器人感知系统具有重要意义。与一般现

* 基金项目: 本文得到 863-512 重点课题《带有力/触觉临场感的机器人装配作业平台》和中国科学院机器人学开放研究实验室基金(项目编号: RL200109) 资助。

场总线相比, CAN 总线数据通信具有突出的可靠性、实时性和灵活性. 因此, 本文采用 CAN 总线作为智能机器人感知系统中上/下位机、传感/执行器等模块之间的通信标准.

2 CAN 总线概述(Synopsis of CAN Bus)

CAN(Control Area Network, 控制局域网)总线技术属于现场总线范畴, 是德国 Bosch 公司 80 年代初为解决现代汽车电气控制系统中众多控制与测试仪器之间, 在强电磁干扰环境下可靠工作、交换数据而开发的一种有效支持分布式控制、实时控制、高可靠性串行通信网络协议. 其主要特性为^[2]:

- (1) 多主站总线, 各节点均可在任意时刻主动向网络上其它节点发送信息;
- (2) 采用独特的非破坏性总线仲裁技术, 优先级高的节点优先传送数据, 满足实时性要求;
- (3) 具有点对点、一对多点及全局广播传送数据功能, NRZ 编码/解码方式, 并采用位填充技术;
- (4) 总线上每帧有效字节数最多为 8 个, 有 CRC 及其它校验措施, 数据出错率极低, 一旦某节点出现

严重错误可自动脱离总线, 总线上其它操作不受影响;

(5) 总线只有两根导线, 系统扩充时, 直接将新节点接入总线即可, 可扩充性强, 改型灵活, 是分布式计算机控制系统的理想总线;

(6) 多种传输介质, 多样、快速、远程信息传送方式;

3 系统总体规划(System overall design)

3.1 系统结构

智能机器人感知系统中控制节点多, 实时性、可靠性要求高. 传统集中通信方式存在硬件结构复杂(每个控制节点对应一个 I/O 接口)、现场布线困难、扩展能力低(受硬件端口数量限制)等缺点. 为此, 采用 CAN 总线将众多分散的底层传感/执行器件连结起来, 任一底层设备及其单片机作为网络节点接入 CAN 总线, 监控级也作为节点接入总线, 形成多主结构, 通过主机间通信实现监控要求, 结构如图 1 所示.

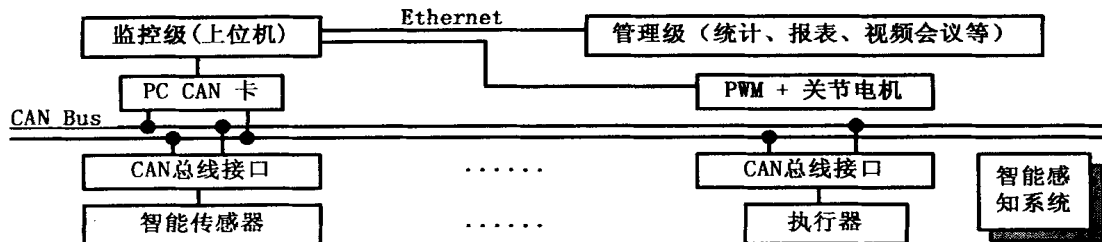


图 1 智能感知系统结构图

Fig. 1 Logical structure of the intelligent perceptual system

智能感知系统由 CAN 总线、PC CAN 卡、CAN 总线接口、智能传感器/执行器等组成. 其中, 管理级通过以太网与监控级通信, 负责系统高层管理, 并可通过 TCP/IP 协议接入互联网, 实现系统远程监控; 监控级采用普通 PC, 如工作环境恶劣, 可采用 IPC, 负责系统级数据采集、处理与控制, 通过 PC CAN 卡与 CAN 总线通信; CAN 总线可采用光纤、屏蔽线、双绞线等介质; 控制节点通过 CAN 总线接口与 CAN 总线通信. 由于数据通信方式采用 CAN 总线, 构成了开放式结构, 各种传感器/执行器可以方便地接入感知系统, 或从感知系统分离, 即底层设备和总线的开放互联与即插即用, 实现了从传统集

中式感知系统向模块化、分布式感知系统的结构转变.

3.2 节点结构

控制节点由智能传感/执行器、CAN 控制器(如 SJA1000)、隔离器件、CAN 驱动器(如 82C250)等组成, 结构如图 2 所示. 单片机通过现场传感器采集模拟/开关量等数据, 处理后发至 CAN 控制器发送缓冲区, 启动 CAN 控制器发送命令, CAN 控制器自动向总线发送数据, 无需单片机干预. 若系统中同时有多个 CAN 控制器向总线发送数据, CAN 总线通过信息帧中的标识符进行仲裁, 标识符数值最小的 CAN 控制器拥有总线优先使用权. 控制节点中的

CAN 控制器检测到总线上有数据时自动接收, 向单片机发送接收中断请求, 启动单片机数据接收中断

服务程序, 从 CAN 控制器接收缓冲区读取数据, 进行处理后通过输出模块输出, 控制执行机构。

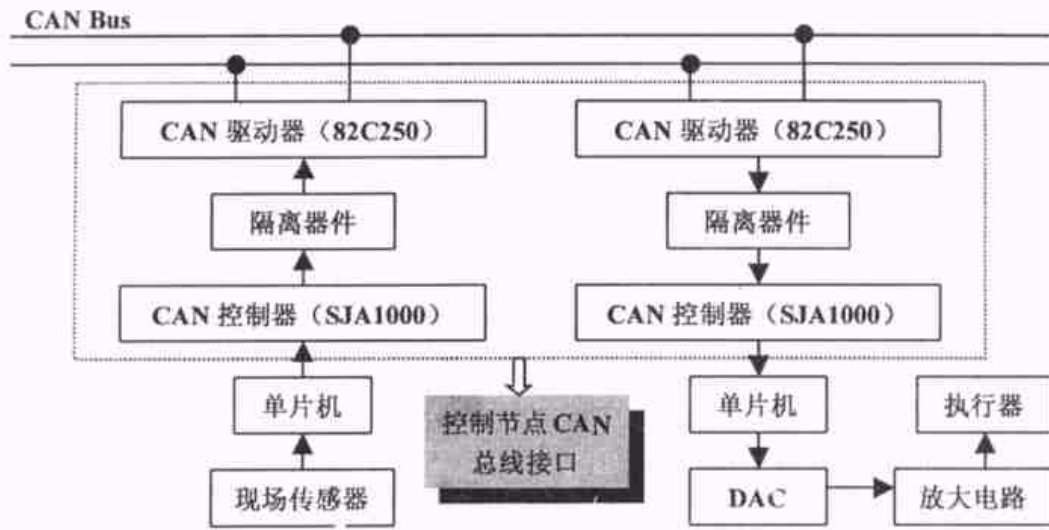


图 2 控制节点结构图

Fig. 2 Logical structure of the control node

3.3 工作原理

智能感知系统中, PC CAN 卡是插在上位机扩展槽的 CAN 总线接口卡, 负责 PC 与 CAN 总线之间通信。上位机将控制命令转换成 PC CAN 卡可识别的数据, PC CAN 卡收到数据后, 按照 CAN 总线协议标准发送给系统中各传感/执行器, 各单元依据标识符判断是否为自己应处理的数据, 若是, 则按照相应算法解释数据内容, 控制各单元完成相应动作。各单元 CAN 控制卡从 CAN 总线接收由上位机传送的数据, 解释形成驱动各单元的输出信号。当上位机需要各单元当前状态信息时, 各单元 CAN 控制卡将状态值经由 CAN 总线发至上位机, 实现双方数据交换。各单元之间按照 CAN 总线协议相互通信、协调动作, 各节点平等争用总线, 构成具有多主机的冗余总线式网络拓扑结构。

该部分程序主要设置 CAN 控制器通信参数 (如: 屏蔽寄存器、模式寄存器、输出控制寄存器、接收代码寄存器等), 确定波特率、位周期宽度、采样点位置、采样次数、输出方式等, 流程如图 3 所示。

4 系统软件设计(System software design)

4.1 通信软件

CAN 通讯协议规定四种网络通讯帧: 数据帧、远程帧、错误指示帧、超载帧^[5]。CAN 通讯协议的实现, 包括各种通讯帧的组织发送, 由集成在 CAN 控制器中的电路实现。因此, 通信软件的关键是 CAN 控制器初始化、CPU 与 CAN 控制器之间的数据接收/发送。

4.1.1 CAN 控制器初始化

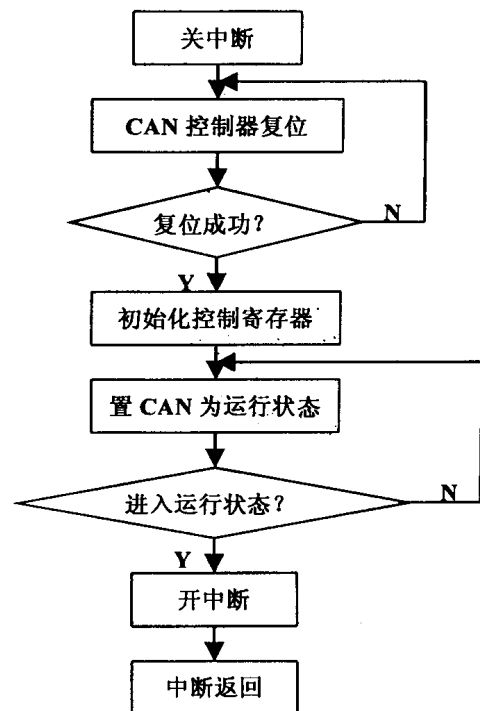


图 3 CAN 控制器初始化软件流程

Fig. 3 Flow chart of the initialization software of the CAN controller

4.1.2 数据发送

数据从 CAN 控制器发送到 CAN 总线由 CAN 控制器自动完成, 发送程序把数据送到 CAN 控制器发送缓冲区, 启动发送命令, 流程如图 4 所示。

4.1.3 数据接收

数据从 CAN 总线发送到 CAN 控制器由 CAN 控制器自动完成, 接收程序从 CAN 控制器接收缓冲区读取数据, 流程如图 5 所示。

4.2 管理软件

管理软件负责系统级数据维护与控制, 主要包括:

- 1、系统监控: 各节点状态动态图形显示、错误报警、系统诊断等;
- 2、系统维护: 数据修改、备份、恢复、查询等;
- 3、报表生成: 指定时段系统工作状态报表输出;
- 4、系统组态: 系统配置、实时数据库、历史数据库、控制算法、图形定义等。

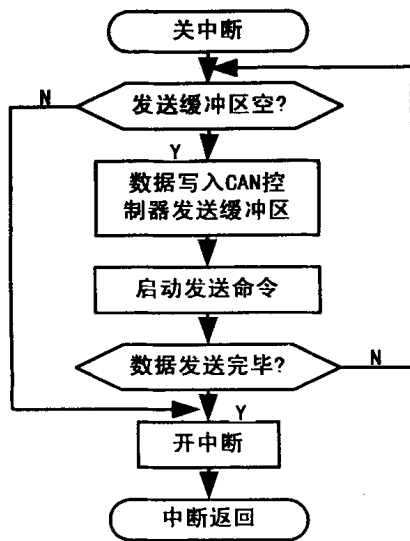


图 4 数据发送软件流程

Fig. 4 Flow chart of the data-sending software

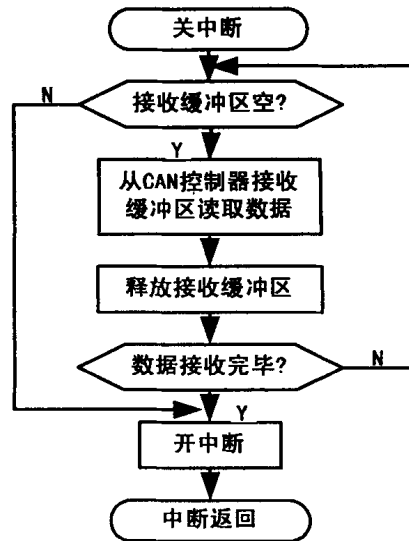


图 5 数据接收软件流程

Fig. 5 Flow chart of the data-receiving software

5 结论(Conclusion)

基于控制网络与现场总线技术发展分布式智能机器人感知系统, 对于提高智能机器人总体性能与人机交互能力, 具有重要科研价值与现实意义. CAN 总线的高度实时性、容错性、可靠性、扩充性, 为智能机器人感知系统提供了先进的网络体系结构与通信标准, 实践表明应用前景极为广阔。

参考文献 (References)

- 1 刘曙光. 现场总线技术的进展与展望. 自动化与仪表, 2000, 15 (3): 1- 6
- 2 刘金贵等. 基于 CAN 总线的分布式铝电解控制系统. 电子技术应

用, 2001, 27(1): 36- 38

- 3 孙健等. 基于 CAN 总线的机器人网络互联. 电子技术应用, 2001, 27(5): 53- 54
- 4 SAJ1000 Stand-alone CAN Controller Application Note. Philips Semiconductor, 1997
- 5 CAN SPECIFICATION [Version 2.0]. PHILIPS Semiconductors, 1991. 9

作者简介:

张建军 (1973-), 男, 中国科学技术大学博士研究生. 研究领域: 智能信息处理, 智能传感器, 智能机器人.

葛运建 (1947-), 男, 中国科学院合肥智能机械研究所研究员, 博士生导师. 研究领域: 信息获取和处理, 机器人传感器, 虚拟现实.