

doi: 10.7690/bgzdh.2019.12.006

基于以太网的 FANUC 数控机床 DNC 系统开发

孙科星¹, 李 瑾², 刘治红¹

(1. 中国兵器装备集团自动化研究所有限公司智能制造事业部, 四川 绵阳 621000;

2. 陆军装备部驻重庆地区军代局, 重庆 400000)

摘要: 针对目前数控机床生产与管理环节存在的信息交互困难、过程不透明和运行效率低下等问题, 并适应工厂柔性制造技术的发展, 设计一套基于以太网的 FANUC 数控机床 DNC 系统。以 C/S 结构作为应用框架, 应用 ORACLE 数据库进行机床数据管理, 利用工业以太网进行通信, 基于 .NET 平台, 使用 C# 编程语言, 任务处理采用多线程并发模式读取机床数据。结果表明: 该系统能提高机床程序与数据的管理效率, 实现工厂生产过程的精细化、数字化和信息化管理。

关键词: FANUC 机床; 以太网; DNC; 数字化

中图分类号: TP274 **文献标志码:** A

Development of FANUC CNC Machine Tool DNC System Based on Ethernet

Sun Kexing¹, Li Cui², Liu Zhihong¹(1. Department of Intelligent Manufacturing, Automation Research Institute Co., Ltd. of
China South Industries Group Corporation, Mianyang 621000, China;

2. PLA Military Representative Bureau of Army Equipment Department in Chongqing, Chongqing 400000, China)

Abstract: Aiming at the problems about rough information exchanging, opaque process, low operating efficiency in the production and management in CNC machine tools, and in order to adapt to the development tide of flexible manufacturing technology, designed the DNC system based on FANUC CNC machine tools. The system utilizes the ORACEL database to manage the data of machine tools, and the C/S structure is used as an application mode to ensure the security and efficiency of communication. Use industrial Ethernet for communication, the system is based on the .NET platform, utilize the C# programming language, and the task processing adopts the multi-threaded concurrent mode. The results show that the system can improve efficiency of the machine tool program and data management and realize refinement, digitization and information management of the factory manufacturing process.

Keywords: FANUC-CNC machine tools; Ethernet; DNC; digitization

0 引言

我国经济健康稳固发展得益于工业水平的不断提高。在工业生产中, 制造业占据着重要地位。据统计, 制造业 GDP 总量占工业的 88%, 是工业发展的支柱^[1]。数控机床是制造业的工作母机, 为国民经济的飞速增长提供了物质基础。随着“工业 4.0”概念的提出, 各国开始以智能化、机械化、信息化为目标, 不断提升自身工业生产制造水平^[2]。中国的经济总量虽位列世界第二, 但是我国的经济发展质量, 特别是工业生产水平与发达国家还有一定差距。为了促进制造业高质量发展, 实现智能工厂、智能物流、智能生产等发展目标, 我国结合自身的实际情况提出了“中国制造 2025”^[3]。在这一行动纲领的指导下, 制造业面临着新的挑战与机遇, 企业要借助信息技术、物联网技术与计算机技术将工业生产推向智能化, 实现柔性生产、智能生产。

数控技术是制造业领域的关键技术, 各行各业的零部件加工离不开数控技术的支持。数控机床是数控技术的载体, 是制造业的执行与感知单元^[4]。目前, 单个数控机床的智能化水平已经达到较高水平, 但是多个机床之间的信息交互程度还很低, 特别是针对不同类型的数控机床, 其统一管理还存在一定难度。数控机床管理效率的低下, 严重制约了工厂的数字化及智能化水平, 影响了企业向柔性制造、智能制造的转变速度。

数控机床 DNC 技术以通信技术、数控技术、计算机技术为基础, 实现了生产车间各数控机床的统一、高效管理。数控机床 DNC 系统通过对机床数据及状态等信息的实时采集, 完成了上层管理计算机与下层生产设备之间的数据交互, 解决了信息化孤岛问题。同时, 借助于软件接口技术, DNC 数控系统还实现了与 MES、ERP 等系统之间高度集成

收稿日期: 2019-09-18; 修回日期: 2019-10-22

作者简介: 孙科星(1992—), 男, 河南人, 学士, 从事智能控制、数据采集系统研究。E-mail: 1205613187@qq.com。

与信息共享，提高了生产排产效率，促进了智能工厂的发展。

对 DNC 系统的研究始于 20 世纪 60 年代末，随着计算机技术的迅速发展，DNC 技术从基本的程序传输与数据采集的实现，到机床统一管理、程序仿真、质量管理等功能的并入，得到了很大程度的完善^[5]。在研究与改善的过程中，数控机床 DNC 技术也极大地提高了制造业的生产效率，简化了车间的管理流程。虽然 DNC 系统在理论上解决了数字化工厂的诸多难题，但是在实际生产应用中仍存在诸多问题，如商品化程度低、多针对特定用户、产品功能简单、网络接口少等。

针对以上弊端，笔者以 FANUC 数控机床为研究对象，结合生产车间的 8 台设备，设计一套基于以太网的 DNC 管理系统，实现了机床管理的统一性，极大地提高了生产效率。

1 系统总体设计

1.1 网络架构

为了满足车间生产的实际运作状况，以及安全性、适用性、实时性、抗干扰性和易拓展性等性能要求，通过综合考虑，笔者采用星型网络架构，总体构架如图 1 所示。生产车间现场工控网络与企业网管理终端分布在 2 个不同的局域网内，网络之间用防火墙隔开，保证了生产与管理在信息交互上的安全性与可靠性。数据服务器、FANUC 数控机床通过网络接口与生产车间核心交换机相连，实现数据的汇集^[6]。

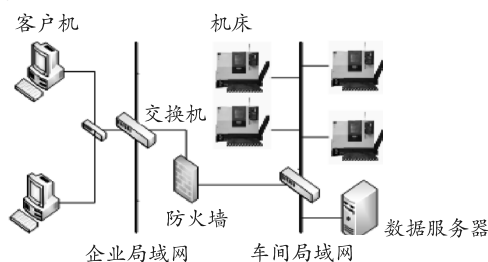


图 1 系统网络拓扑图

在客户终端上安装管理软件，实时监控生产车间机床的运行参数及工作状态，集中管理 NC 程序、设备信息、设备数据，完成机床运行效能分析。数据服务器上安装服务端软件，完成与机床的实时通信、数据采集与存储的功能。

1.2 软件设计

软件设计分为数据库设计、服务端设计和客户端设计 3 个部分。系统数据库采用 ORACLE，设计

时，数据实体对应系统的功能模块，并充分考虑各实体之间的关联性，尽量简化表结构，提高查询效率。客户端实现数据分析、NC 程序管理等功能，服务程序主要完成与机床的通信，实现对机床主要数据的采集与存储^[7]。为了实现客户端的所有功能及与机床通信的需要，数据库共设计了 8 张数据表，其中 CNC_PROGRAM_DIR、DNC_CODE、DNC_TABLE 数据表与客户端程序管理功能有关，T_MDC_REALTIME_DATA 存放实时数据。在 T_MDC_HISTORY_DATA 表中设计触发器，将实时表中的数据写入该表。DNC_MACHTOOL 表中存放机床信息，其中包括机床的 IP、编号和型号等。DNC_USERS 中存放用户信息，其中包含用户名、密码和权限等内容。DNC_LOG 存放登录日志，记录登录用户及用户的相关操作。系统软件设计总体关系如图 2 所示。

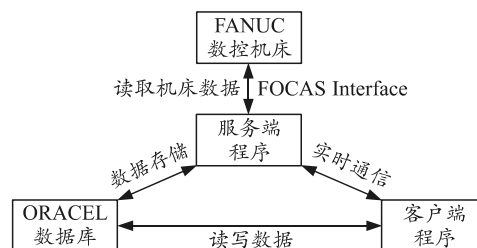


图 2 系统软件架构

系统运行时，首先要初始化服务端程序，实现机床的实时通信。用户打开客户端软件，弹出登录界面，操作者输入用户名与密码，点击登录，客户端向数据库发送查询命令，查询该用户是否存在及对应密码是否正确。验证成功后，显示综合管理与监控界面，该界面展示机床的运行状况及报警信息。操作者根据自身任务需要，可以选择综合管理与监控界面中的不同功能项进行相关操作。软件使用流程如图 3 所示。

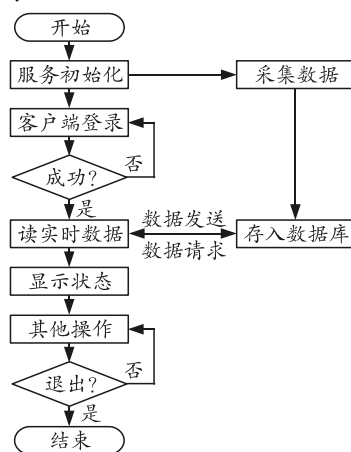


图 3 软件使用流程

2 系统功能模块实现

系统的主要功能包括服务端与客户端功能。服务端的主要功能是实现与机床的实时通信，采集机床的主要数据并存放在数据库中。客户端以服务端写入数据库中的数据为基础，实现机床状态监控、机床管理、数据实时显示、效能分析和程序管理。系统各功能模块如图 4 所示。

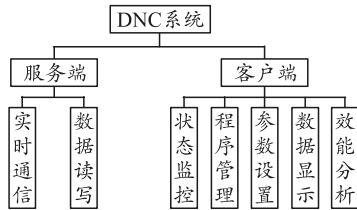


图 4 系统功能模块

2.1 实时通信

系统初始化时，服务程序要与机床建立实时通信。系统运行时，首先读取数据库的配置文件，获取数据库所在服务器的 IP 及数据库的用户名、密码，借助 OleDb 驱动访问数据库中的机床信息表，获取机床 IP 地址及编号。借助 FANUC 机床开发包 Focas1，利用开发包中 cnc_allclibhnd13(IP, Timeout, Port, Handle)函数获取连接句柄，其中参数“IP”代表目标机床 IP，参数“Timeout”代表连接超时时间，“Port”代表与机床通信的端口号，端口号为 8193，参数“Handle”代表生成的句柄^[8]。在服务程序与客户端中，数据的读写、程序的上传与下载都要借助此句柄与 FANUC 机床建立以太网通信，实现功能需求。

2.2 数据读写

服务端程序读取机床数据时采用多线程方式处理，提高了采集的效率，提升了程序的稳定性。获取机床参数信息时，首先根据工房机床数量，建立多个线程，每个线程都执行获取连接句柄、读取机床状态、读取机床数据和释放句柄等操作，从而有序、高效地完成数据采集^[9]。服务端程序读取机床的信息包含实时状态信息、报警信息、轴位置、道具信息和转速等内容。同时，为了方便客户端及其他管理软件的使用，实时信息存放在数据库中的实时数据表中。该表的内容每 1 s 刷新一次。

2.3 状态监控

登陆客户端进入主界面。主界面除了有功能选择的作用外，还可以展示机床的状态信息。每个监控页面可以显示最多 12 台机床的状态信息，如果有

更多台设备，客户端初始化时将自动分页显示。每个模块显示机床的状态信息包括开关机信息、报警信息、急停信息，显示效果如图 5 所示。系统运行监视画面时，首先连接数据库，根据机床编码，在实时数据表中获得该机床的状态信息，从而显示在画面中。该界面中的信息每 5 s 更新一次。

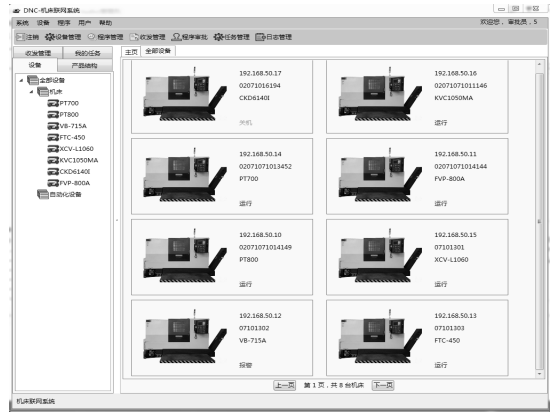


图 5 机床管理主界面

2.4 程序管理

程序管理是 DNC 系统的主要功能。系统的程序管理模块能实现对机床程序的集中管理。传统的程序管理侧重于对程序的存档，缺乏对程序的编辑、审批、标注、上传和下发等的考虑。系统充分了解到现场操作人员及管理、研发人员的需求，结合实际工作环境，设计并实现了满足多方面需求的程序管理模块。使用者进入系统主界面后，可以双击对应机床的图标，进入该设备的综合操作模块，在该模块中，能上传查看与保存本机床的所有程序，同时还可以编辑程序，将程序发送至审批模块处，待审批通过后即可将程序下发至目标机床。具体的程序管理流程如图 6 所示，程序管理界面如图 7 所示。在程序管理界面中，使用者可以根据一些筛选条件查找并查看程序，实现程序的上传、编辑、保存、删除、审批和下发等一系列功能。

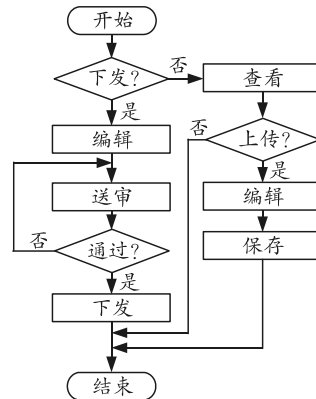


图 6 程序管理流程

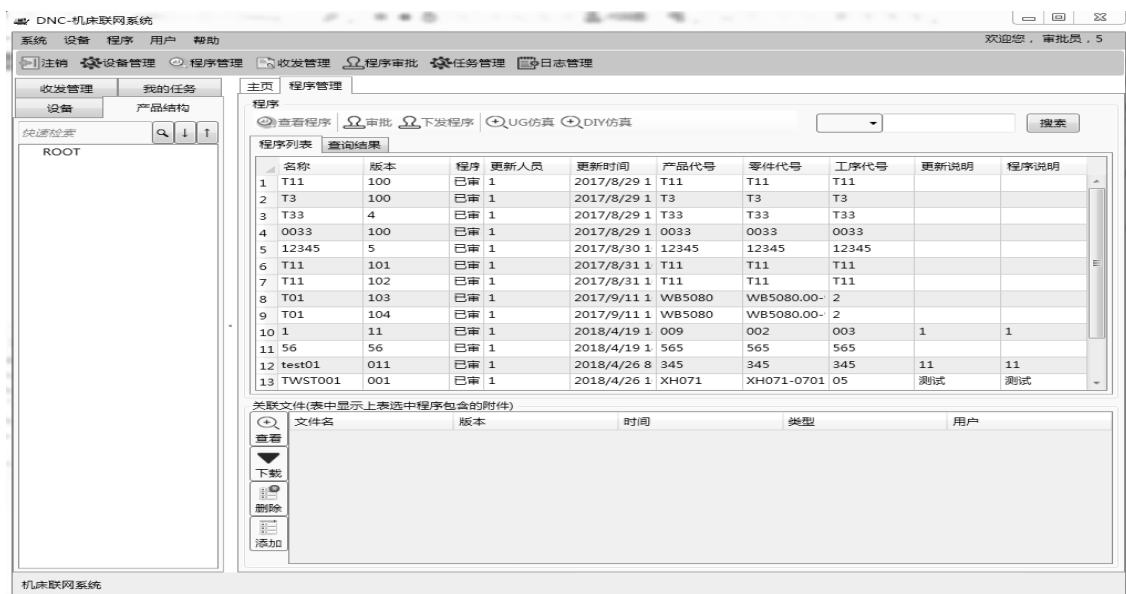


图 7 程序管理界面

使用 FANUC 机床开发包 Focas1 实现程序上传与下发功能。程序下发借助 `cnc_dwnstart()`、`cnc_download()`、`cnc_dwnend()` 3 个函数实现,其中 `cnc_dwnstart()` 是程序下载前的初始化操作,主要目的是与机床建立数据传输通道, `cnc_download()` 的主要功能是实现程序下发, `cnc_dwnend()` 的作用是释放连接句柄,结束程序下发。程序上传时同样用到 3 个函数,具体作用与程序下发中的 3 个函数相似。

2.5 其他功能

除了以上提到的几个相对重要的功能外,系统还具有机床管理、数据展示、日志管理、效能分析和用户管理模块。

在机床管理模块中除了能显示机床 IP、编号、型号等信息外,还可以对机床进行一些通用设置,比如程序头、程序尾等。机床数据展示模块主要用来显示机床运行时的实时参数,包括刀具信息、坐标信息、速度信息、程序信息和报警信息等。这些数据从数据库的实时数据表中获取,每 5 s 更新一次,具体效果图如图 8 所示。在日志管理模块中,使用者可以查看历史日志,了解历史登录及操作记录,使管理更加便捷、高效。效能分析模块可以展示机床的工作效能,系统根据机床的运行状态计算机床的工作量,结合开机与报警时间,显示综合效能,其效果图如图 9 所示。在用户管理模块中,操作者可以对软件的用户进行编辑,若用户具有最高权限,则可以修改某用户的密码和权限。



图 8 数据展示界面

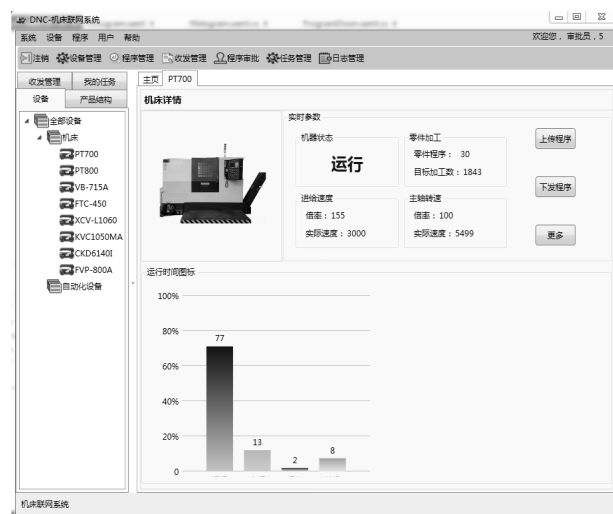


图 9 效能分析界面

- [6] BEINARTS I, GRUNDE U, JAKOVICS A. Distributed Multi-Sensor Real-Time Building Environmental Parameters Monitoring System with Remote Data Access[J]. *Electrical, Control and Communication Engineering*, 2014(7): 41-46.
- [7] CUS F, MILFELNER M, BALK J. An intelligent system for monitoring and optimization of ball-end milling process[J]. *Journal of Materials Processing Technology*, 2006, 175(1-3): 90-97.
- [8] SHI D, CINDY N N. Development of an online machining process monitoring system: application in hard turning[J]. *Sensors and Actuators A: Physical*, 2007, 135(2): 405-414.
- [9] 徐立云, 陈俊, 李爱平, 等. 产品制造工艺驱动的可重组生产线监控系统的设计与研究[J]. *现代制造工程*, 2011(1): 21-25, 77.
- [10] 王德权, 邓云霓. WPF在发动机生产线监控系统中的应用[J]. *组合机床与自动化加工技术*, 2013(4): 83-85.
- [11] 陈凯. 智能制造实时监控系统设计及开发[D]. 杭州: 浙江工业大学, 2017.
- [12] 王翔. 基于 CPS 的智能制造单元监测系统的研究[D]. 哈尔滨: 哈尔滨工业大学, 2016.
- [13] 张驰, 李培杰, 张百在, 等. 压铸单元远程监控系统的开发与应用[J]. *特种铸造及有色合金*, 2014, 34(9): 944-947.
- [14] 李葆文. TNPM: 全员规范化生产维修适合中国企业现状的设备管理模式[J]. *中国设备管理*, 1999(6): 7-9.
- [15] 刘奇, 林岗. 基于 Visual Studio 2010 的 UG 二次开发研究[J]. *自动化技术与应用*, 2015, 34(1): 40-41, 46.

(上接第 23 页)

3 结束语

针对目前数控系统存在的信息交互难、综合管理程度低和程序管理复杂等问题, 笔者提出了一套简洁实用的解决方案。目前该系统已投入使用, 生产管理操作方便, 流程简洁, 增加了数控机床管理的安全性及可靠性。使用结果表明, 该系统的网络拓扑与总体软件架构能满足 DNC 系统网络通信和安全、高效使用的要求。该系统将数据采集与机床管理 2 大模块分开设计, 降低了系统的复杂度, 提高了系统运行的可靠性。该 DNC 软件实现了机床通信、数据读写、状态监控、程序管理、数据展示、机床管理、效能分析、日志管理和程序管理 9 大模块的统一管理, 具有典型性和代表性, 方便推广应用到其他类似数控机床。

参考文献:

- [1] 张宏帅. 基于 TCP/IP 协议的 FANUC-DNC 系统研究与

- 开发[D]. 郑州: 郑州大学, 2016: 15-16.
- [2] 王小姣. FANUC 数控机床故障智能诊断系统研究[D]. 长沙: 中南大学, 2013: 21.
- [3] 姚鹏. 基于以太网的异构数控机床 DNC 系统的研究与实现[D]. 郑州: 郑州大学, 2018: 28-30.
- [4] 姚钦, 刘雅辉, 刘淑梅. 基于 DNC 的数控机床网络化管理[J]. *上海工程技术大学学报*, 2014, 28(2): 136-140.
- [5] 朴成道, 尹凤哲. CF 卡在 FANUC 18i 数控系统数据管理中的应用[J]. *机床与液压*, 2015, 43(4): 162-164.
- [6] 梁栋. DNC 系统的构建与应用[J]. *技术改造*, 2017, 6(2): 62-63.
- [7] 刘永富. 腔体类零件数控切削加工单元智能升级[J]. *兵工自动化*, 2018, 37(8): 27-31.
- [8] 雷兵, 姜其成, 刘江. 网络 DNC 系统数据处理技术研究[J]. *制造技术与机床*, 2012(2): 135-138.
- [9] 牛序枫, 钱永刚. 基于计算机软件技术的 DNC 研究[J]. *科技致富向导*, 2013(11): 340-340.