

# 基于 Ethernet IP 的气动手爪 MCD 模型与 PLC 仿真通信探究

黎玲萍, 赵永信, 覃文石

(广西工业职业技术学院 智能制造学院, 广西 南宁 530001)

**摘要:**随着数字孪生技术的产生和发展,基于机电一体化概念设计(mechatronics concept designer, MCD)的虚拟调试技术也逐步发展并应用起来,其中 MCD 与 PLC 之间的通信协议就至关重要。为了探究基于 Ethernet IP 协议的通信方式的可行性,以气动手爪为研究对象,在 NX MCD 平台中完成了气动手爪的机电概念设计,接下来通过西门子的协议转换指令组态了一台可实现 Ethernet IP 通信的虚拟 PLC,最后在 NX MCD 平台中把气动手爪的动作和状态与信号关联,通过 Ethernet IP 协议与信号映射实现了虚拟 S7-1500PLC 与气动手爪 MCD 模型的通信。研究结果为从事机电概念设计及虚拟调试的相关技术人员提供了一个新的通信方法,具有一定的应用推广价值。

**关键词:**MCD; PLC; Ethernet IP; 气动手爪; 虚拟调试; 仿真通信; 数字孪生

中图分类号: TP273; TP29

文献标志码: A

文章编号: 1003-7241(2025)12-0080-04

## Exploration of simulation communication between pneumatic gripper MCD model and PLC based on ethernet IP

LI Lingping, ZHAO Yongxin, QIN Wenshi

(School of Intelligent Manufacturing, Guangxi Vocational and Technical Institute of Industry, Nanning 530001, China)

**Abstract:** With the emergence and development of digital twin technology, virtual commissioning technology based on mechatronics concept designer(MCD) is gradually developed and applied, among which the communication protocol between MCD and PLC is crucial. In order to explore the feasibility of communication based on the Ethernet IP protocol, the mechanical and electrical concept design of the pneumatic gripper is completed on the NX MCD platform, with the pneumatic gripper as the research object. Next, a virtual PLC that can achieve Ethernet IP communication is configured using Siemens' protocol conversion instructions, Finally, the action and status of the pneumatic gripper are associated with signals in the NX MCD platform, and communication between the virtual S7-1500PLC and the pneumatic gripper MCD model is achieved through Ethernet IP protocol and signal mapping. This provides a new communication case for technical personnel engaged in mechanical and electrical conceptual design and virtual commissioning, which has certain application and promotion value.

**Keywords:** mechatronics concept designer; PLC; Ethernet IP; pneumatic gripper; virtual commissioning; simulation communication; digital twin

## 0 引言

数字孪生技术是一项新技术,应用该技术能够实现设备、产线和工厂的虚实同步,以此可以利用虚拟设备监控现场设备,也能更好地反馈现场设备的状态,所以虚拟调试的相关研究也有很多<sup>[1-3]</sup>。在西门子公司的工业数字化软件中, NX MCD 可以实现机电设备的数字孪生,随着数字孪生技术的推广应用,虚拟调试技术的应用研究很广泛<sup>[4-6]</sup>。

由于 NX MCD 软件中支持的通讯协议很多,所以 MCD 与其他软件的通信方面的研究也越来越多。孟庆森等<sup>[7]</sup>以三自由度机械手包装生产线为研究对象,设计了基

于 MCD 平台的数字孪生虚拟调试系统,其中 TIA 与 MCD 的通信利用了 PLCSIM ADV 的方式来实现信号的交换。林裕程等<sup>[8]</sup>利用 PLCSIM ADV 的通信方式实现了基于 NX MCD 平台的数控机床的虚拟调试。亢宗楠等<sup>[9]</sup>利用三菱 PLC,通过三菱 OPC 服务软件 MX OPC 实现了 MCD 平台的机械手虚拟调试,其中就是利用 MCD 中的 OPC DA 的通信方式实现了虚拟调试。郑魁敬等<sup>[10]</sup>提出了一种基于 MCD 平台的机器人自动化生产系统,其中的 MCD 与 PLC 之间则是通过 KEP OPC 来实现的数据通信,也是 OPC DA 的方式实现的通信方法。蔡文站等<sup>[11]</sup>以 OPC UA 的通信方式实现了 MCD 中的机器人打磨虚拟平台与西门子 PLC 之间的通信,实现了软硬件的联合虚拟调试。AL-SAEDI 等<sup>[12]</sup>利用了 MCD 平台中的 MATLAB 的通信方式实现了 MATLAB 软件与 MCD 之间的数据通信,本文团队<sup>[13]</sup>在 MCD 的虚拟调试中也探究了基于 TCP 的通信方

\*基金项目:2022年广西高校中青年教师科研基础能力提升项目(2022KY1297;2022KY1293);广西工业职业技术学院2024年度第一批校级科研项目(GYKY2024011B)

收稿日期:2024-03-02

式的可行性。

从以上研究者中的研究可以看出基于 MCD 平台的虚拟调试的应用是很有效的,其中有基于 PLCSIM Adv、OPC DA、OPC UA、TCP 等协议支持,但是利用 Ethernet IP 协议实现通信的相关研究还鲜有看到,Ethernet IP 协议也是目前设备使用率很高的一种工业网络协议,故本文以气动手爪为研究载体,研究西门子 S7-1500 的虚拟 PLC 与气动手爪的 MCD 模型之间通过 Ethernet IP 协议通信的可行性,为从事基于 NX MCD 平台虚拟调试的相关技术人员提供一种新的通信方式。

## 1 基于 NX 的气动手爪 MCD 设计

西门子公司的 NX MCD 平台能够对机电产品实现机械、电气和自动化的设计及仿真调试,在 NX 中的机电一体化概念设计(MCD)模块中可以为气动手爪模型添加运动副,在添加运动副后通过添加驱动控制—位置控制,实现气动手爪的夹紧和松开动作。并且气动手爪上面的磁性开关也能够反馈气动手爪的状态。

如图 1 所示,左右爪手各添加一个滑动副,同时,只给左爪手添加一个位置控制(其中的位置为 0 mm,速度设置为 100 mm/s),控制爪手的夹紧和松开动作的距离和速度。由于要通过左手爪的位置控制来控制右手爪的滑动副动作,所以在左右手爪的滑动副中添加一个齿轮命令,实现两个爪手的滑动副能够按照 1:1 的动作控制。磁性开关这里只是模拟了一个,给传感器添加碰撞传感器,当两个爪手移动靠近传感器发生碰撞后会使得传感器输出 true 信号,用以检测手爪的状态。

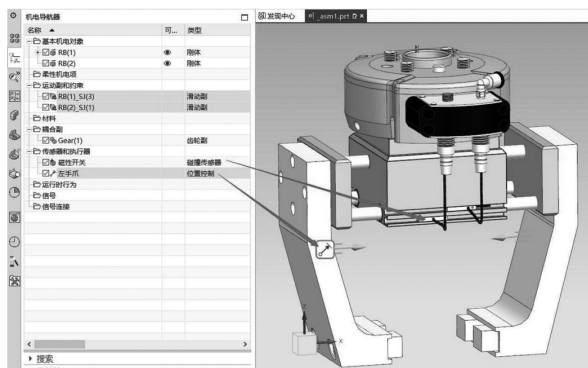


图 1 气动手爪的机电概念设计

## 2 S7-1500 PLC 组态及编程

### 2.1 S7-1500PLC 与 MCD 的通信思路

为了实现气动手爪的 MCD 模型与 PLC 之间的 Ethernet IP 通信,需要 NX MCD 模块和 PLC 两者均支持 Ethernet IP 协议才可以,但是西门子 PLC 不支持该协议,所以需要利用一个功能块来进行转换才可以实现两者的通信,西门子的 LCCF\_EnetScanner 和 LCCF\_EnetAdapter 协议转换功能块指令能够实现西门子 PLC 分别作为扫描器(主

站)和适配器(从站),文中所用到的 NX MCD 2306 版本,支持 Ethernet IP 协议,并且只能作为扫描器,所以 PLC 就只能作为适配器来通信。文中利用 PLC 作为 Ethernet IP 协议通信的适配器。具体的 PLC 组态及编程如下。

### 2.2 PLC 的组态

由于西门子 S7 系列的 PLC 中能够仿真网络通信的只有 S7-1500 系列,文中选择 S7-1513-1PN 型号的 PLC,利用西门子公司的 PLCSIM Advanced V4.0 软件模拟真实的可用于通信的 PLC,添加后需要在设备组态中找到防护安全—连接机制,勾选其中的允许来自远程对方的 PUT / GET 通信访问。

### 2.3 PLC 编程

从以上分析可知,PLC 作为适配器,所以需要利用 LCCF\_EnetAdapter 指令,该指令从西门子子公司网站上下载后是在全局库中进行添加并在 OB30 中进行调用。

在程序块中添加一个 OB30 循环中断组织块,并设置循环中断时间 4 000 微秒,用于实现 Ethernet IP 通信,接下来,需要添加一个用于通信的数据块 DB2,在其中添加 3 用于输入、输出和配置的数据,数据类型为 SINT。并把 DB2 设置为非优化访问块,编译后生成偏移量访问,如下图 2 所示。

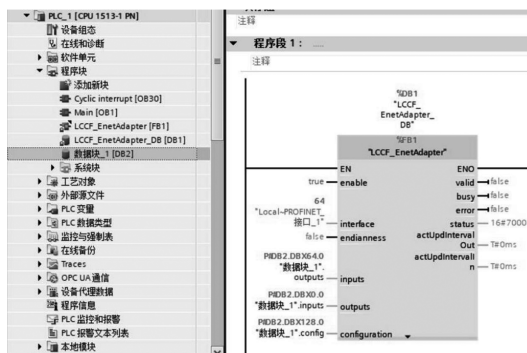


图 2 PLC 编程

图中的 LCCF\_EnetAdapter 指令在 OB30 中,还需要设置 enable 指令引脚端为 true,在 interface 引脚中选择以太网接口,并分别在 inputs、outputs 和 configuratipn 引脚中选择对应的数据。这样就完成了通信指令的编程。

## 3 基于 Ethernet IP 的 MCD 与 PLC 通信

为了实现 MCD 与虚拟的 S7-1500PLC 之间的 Ethernet IP 通信,以此实现 PLC 对气动手爪的夹紧和松开的动作以及其状态反馈到 PLC 中。首先需要在 MCD 中创建气爪夹紧和松开动作与信号的创建,接下来,在 MCD 中能够配置外部信号,最后,把 PLC 中的信号与 MCD 中的信号进行映射,实现信号的对接,这样就可以利用 PLC 中的信号控制气动手爪的动作和反馈手爪状态。

### 3.1 创建 MCD 中的信号

分析可知,气动手爪的夹紧和松开动作和反馈气动手

气目前的状态两部分的信号需要在 MCD 中创建,下面具体说明。

在气动手爪的动作这一方面,在 MCD 中的气动手爪模型要能够实现接收到一个输入信号(IN1)为 true,气动手爪就能实现夹紧动作;输入信号(IN1)为 false,气动手爪就能实现松开动作。由于 MCD 中是通过位置控制命令来驱动手爪动作,所以在信号适配器命令窗口中添加一个输入信号 IN1 和一个逻辑公式:当 IN1 为 true,左手爪的位置控制为 40,当 IN1 为 false,左手爪的位置控制为 0,这样就实现了 MCD 的手爪动作与 IN1 信号的连接。

另一方面,在手爪夹紧时,能够使得一个信号(OUT1)输出为 true,使得 PLC 接收到一个 true 信号;手爪松开时,能够使得一个信号(OUT1)输出 false,使得 PLC 接收到一个 false 信号。要实现这个控制要求可以利用 MCD 中的仿真序列来实现,在仿真序列中添加两条基于事件的仿真序列,第一个仿真序列的条件是碰撞传感器为 true 时,控制信号适配器中的 OUT1 为 true;第二条仿真序列的条件是碰撞传感器为 false 时,控制信号适配器中的 OUT1 为 false。

### 3.2 基于 Ethernet IP 的 MCD 外部信号配置

如图 3(a)所示,在 MCD 的自动化选项卡中选择外部信号配置命令,由于利用了高级仿真器并把程序已经下载到了虚拟 PLC 中,而虚拟的 PLC(IP:192.168.0.1)也是和虚拟网卡连接了,所以在命令窗口的以太网/IP 选项卡中,选择虚拟网卡的地址 192.168.0.60,可以自动搜索到适配器——虚拟 PLC。

在配置界面由于搜索到 PLC 后,在连接栏中选择编辑连接,把 RPI 设置为 30 ms,如图 3(b)所示,在标记中分别勾选一个输入和输出 bool 信号。



(a) 添加适配器 (b) RPI 设定

图 3 Ethernet IP 外部信号配置

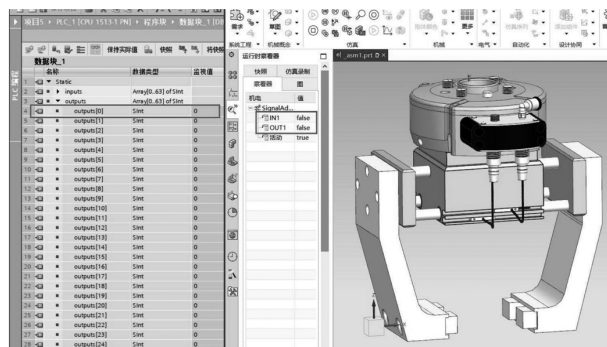
### 3.3 信号映射

在 MCD 的外部信号配置一中通过虚拟网卡搜索到了适配器(PLC),并且也选择了一个输入和输出的 bool 信号,接下来就要把这两个信号分别与 MCD 中控制气爪动作的输入信号和磁性开关的输出信号进行信号映射。在 MCD 的信号映射命令窗口中把这两个信号选择后映射即可。

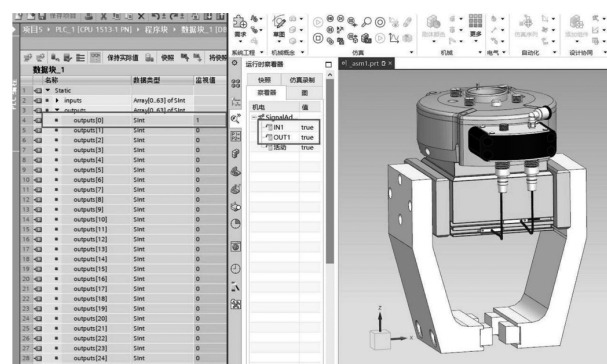
## 4 调试结果及分析

预期的结果应该是 PLC 的一个输出信号使得 MCD

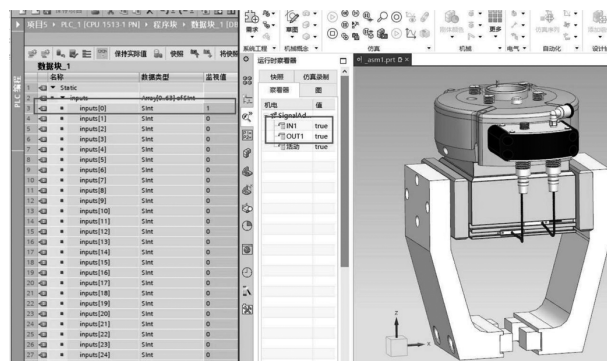
中的气动手爪夹紧和松开;MCD 中的气动手爪的动作状态能够被检测到并反馈到 PLC 的输入信号中。通过运行 PLC 并且在 MCD 中点击播放命令,按照以上预想结果进行调试,结果如图 4 所示。



(a) 气动手爪松开



(b) 气动手爪夹紧



(c) 反馈气爪夹紧状态

图 4 仿真结果

从图中可以看出以下结果。

- 1) 图 4(a)是 PLC 的 output[0]为 false 时,气动手爪松开,不动作。
- 2) 图 4(b)是 PLC 的 output[0]为 true 时,气动手爪夹紧。
- 3) 图 4(c)是 MCD 中气动手爪夹紧时,PLC 的 input[0]为 true。

图中从 MCD 中的运行时查看器的信号中也可以看到,气动手爪松开时 IN1 信号也为 false,OUT1 信号为 false;当气动手爪夹紧时,IN1 信号也为 true,OUT1 为 true。这说明

了 PLC 通过输出信号控制了气动手爪的夹紧和松开动作;气动手爪的夹紧和松开状态也反馈给了 PLC。

## 5 结束语

从研究过程和结论来看,整篇文章以气动手爪为研究载体,通过探索 Ethernet IP 的通信协议在实现 MCD 气动手爪模型与西门子 S7-1500PLC 之间的信号互联的可行性,具体表现为,PLC 的一个输出信号能够控制气动手爪模型的夹紧和松开,而气动手爪的动作也能够反馈给到 PLC,从而说明了 Ethernet IP 的通信协议也是一种可以实现 MCD 模型和 PLC 之间通信的新方式。

从文中结论所带来的实际意义来看,为基于 NX MCD 平台的虚拟调试及数字孪生技术提供了基于 Ethernet IP 通讯方式的参考案例,也为从事气动手爪设计的相关技术人员提供了一种新的设计方法,在一定程度上具有一定的推广意义。

从文中的结论所带来的进一步的思考来看,虚拟调试是数字孪生技术的基础,作为新兴技术的数字孪生技术的实现离不开虚实设备、虚实设备之间的通信,就西门子 NX MCD 平台来说,就有 TCP、OPC DA、OPC UA、PLCSIM ADV 等多种通信协议,由于虚拟和现实设备的厂家和牌具有多样性的特点,故通信协议也五花八门,由此通信斜眼的研究就很有必要,当然,各种通讯方式之间的利弊和应用的具体场合也是进一步研究的方向。

## 参考文献

- [1] 邢娜, 费磊, 张宇. 数字孪生虚拟制衣平台的设计[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(2): 145-148.
- [2] 刘晓曦, 丛晓丹, 宋昌江. 基于虚拟现实的“七星砚子东北抗

(上接第 16 页)

由表 2 可知,配置一储能容量占比小,弃光成本偏大,无实际意义;配置二储能容量占比 50%时,相较于配置一弃光成本比较低,并且投资成本远小于配置 3;配置三储能容量占比 80%时投资成本远大于配置一与配置二,且弃光成本与配置二基本相当,整体经济性差,所以一般很少采用。综合考虑投资成本与弃光成本,储能容量占比 50%时经济效益高。

## 5 结束语

本文结合光储充系统发展的实际需求,在分析光储充系统结构与运行模式的基础上,建立了光储充系统的功率平衡方程,通过功率平衡解析了光储充系统配置运行优化过程,构建了以粒子群优化算法为核心的光储充系统配置的多目标优化方法,并通过仿真计算案例进行了验证分析,获取了最优的配置。分析结果表明,该配置优化算法既可以提高光储充系统的经济、环境与社会效益,又可以提升绿色能源的渗透率,促进新能源汽车产业发展。

日联军军营遗址”再现研究[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(7): 181-183.

[3] 吴崛起, 安凤栓, 王全康. 发电厂设备运行状态的在线数字孪生仿真系统[J]. 自动化技术与应用, 2024, 43(1): 148-152.

[4] KIM Y S, SHIN K Y, LEE J H, et al. Application of virtual commissioning technology in a steel making industry [C]//International Conference on Control. Gwangju, South Korea: IEEE, 2014.

[5] VERMAAK H, NIEMANN J A. Validating a reconfigurable assembly system utilizing virtual commissioning [J]. IEEE, 2015 (11): 258-262.

[6] BINNBERG D, JOHANSSON V. Virtual commissioning emulation of a production cell[D]. Skövde, Sweden: University of Skövde, 2016.

[7] 孟庆森, 张宏伟, 王新环. 基于 SIMIT 和 MCD 的并联机器人数字孪生实验系统设计[J]. 实验技术与管理, 2023, 40(6): 135-141, 161

[8] 林裕程, 韩勇. 基于 NX MCD 的数控机床虚拟调试[J]. 制造技术与机床, 2021(2): 151-156.

[9] 亢宗楠, 康献民, 李宏宇, 等. 基于数字孪生的机电系统虚拟调试应用[J]. 机械制造与自动化, 2022, 51(2): 199-202.

[10] 郑魁敬, 代方园, 廉磊. 基于 NX MCD 的机器人磨削系统虚拟调试[J]. 组合机床与自动化加工技术, 2019(12): 57-60, 64.

[11] 蔡文站, 田建艳, 王书宇, 等. 基于 NX MCD 与 TIA 的机器人打磨联合虚拟调试研究[J]. 现代制造工程, 2022(7): 37-42, 120.

[12] ALKADHIM S A S, AL-SAEDI I R K, MAHEL F. CNC machine based on embedded wireless and internet of things for workshop development[J]. IJCD Journal, 2017, 6(4): 205.

[13] 赵永信, 度国旭, 吴坚, 等. 基于 TCP 的气动手爪 MCD 模型虚拟调试的研究[J]. 机床与液压, 2022, 50(3): 70-72.

作者简介:黎玲萍(1991—),女,研究生,讲师,研究方向:数字孪生技术的应用研究。

通信作者:章文石(1982—),男,本科,讲师,研究方向:电子技术和自动控制。

## 参考文献

[1] 何蛟, 张谦然. “双碳”背景下电动汽车充电基础设施软硬件发展趋势研究[J]. 科技与创新, 2021(18): 92-93, 96.

[2] 江晓蓓. “光储充”一体化微电网将迎来大发展[J]. 新能源科技, 2021(2): 33-34, 36.

[3] 罗恒, 严晓, 王钦, 等. 充电场站光储充控制策略[J]. 储能科学与技术, 2022, 11(1): 275-282.

[4] 曹轶婷, 欧方浩, 王建兴. 公交光储充一体化充电站设计[J]. 农村电气化, 2021(3): 60-62.

[5] 陈思远, 陶莹. 光储充检放一体化充电站在配电网中的应用研究[J]. 光源与照明, 2023(5): 126-128.

[6] 郭强强, 皮昊书, 陈云辉. 光储充一体化电站优化配置方法[J]. 电力与能源, 2022, 43(1): 61-64, 87.

[7] 李建林, 许璐, 马凌怡. 光储充一体化系统容量优化配置方法研究[J]. 电气应用, 2022, 41(9): 71-77.

[8] 袁昊哲, 叶欢欢, 陈耀廷, 等. 农村微电网光储容量优化配置研究[J]. 广东电力, 2023, 36(5): 49-57.

作者简介:秦国辉(1982—),男,副研究员,研究方向:可再生能源与智能控制。

通信作者:周 闯(1987—),男,副研究员,研究方向:可再生能源。