

DOI:10.3969/j.issn.1001-4551.2013.11.029

基于菊花链回路的工业 Ethernet I/O 系统改造

刘 麟

(四川机电职业技术学院 信息工程系, 四川 攀枝花 617000)

摘要:为解决旧式 I/O 系统控制层与现场层采用协议不统一导致的开放性差及中、远距离成本高等问题,将 Ethernet 技术延伸应用到现场级控制通信中,使现场层和控制层基于统一的 Ethernet 协议。在基于旧式远程 I/O 子站与以太网远程 I/O 子站的异同点分析的基础上,开展了基于菊花链回路的工业 Ethernet I/O 系统改造和迁移过程的分析,提出了基于菊花链回路的光纤主回路和长距离热备光纤回路的构建方法。通过 Quantum 通信设备,使分布式 I/O 主站模块、主环路上的 DRSs、分布式 I/O 设备和远程 I/O 网络构成了菊花链主回路。在子回路中扫描本地分布式 I/O 设备,DRSs 控制来自子回路的分布式 I/O 设备的数据流,从而保持主回路中远程 I/O 流量的最高优先级,通过优先级控制不同级别的 I/O 数据。研究结果表明,该方法既能保证网络的冗余,又能保证网络的高效和时间的确定性。

关键词: Ethernet; 菊花链; PLC

中图分类号: TP273

文献标志码: A

文章编号: 1001-4551(2013)11-1430-05

Improvement of industrial Ethernet I/O system based on daisy chain loop

LIU Lin

(Information Engineering Department, Sichuan Electromechanical Institute of
Vocation and Technology, Panzhihua 617000, China)

Abstract: Aiming at the issues of poor opening performance and high cost in middle and long extent caused by the uniformity of protocol used in control layer and field layer of legacy I/O system, Ethernet technology was used in the communication of filed level control, which makes control layer and field layer use a unified Ethernet protocol. Based on the analysis of the difference of legacy remote I/O sub-station and Ethernet I/O sub-station, the industrial Ethernet I/O system improvement and migration process based on the daisy chain loop was investigated and the constructing method of fiber-optic main circuit and long distance hot standby fiber-optic circuit based daisy chain loop were proposed. The main loop daisy chain was constituted with the distributed I/O master module, the main loop of DRSs, the distributed I/O devices and the remote I/O network by using Quantum communication device. In the sub-loop, local distributed I/O devices were scanned, the distributed I/O data streamed from the sub-loop device was controlled by DRSs to maintain the highest priority remote I/O traffic in main circuit, to make priority control through the different levels of I/O data. The results indicate that this method not only can ensure network redundancy, but also can ensure the network efficiency and time certainty.

Key words: Ethernet; daisy chain; PLC

0 引 言

由于旧式 I/O 系统在现场级和控制级采用了不同的通信协议,导致整个控制的开放性差,尤其在中、远

距离控制中更使成本倍增,不利于操作和管理^[1]。Ethernet I/O 系统通过对 Ethernet 协议的改造使其实时性和安全性都可满足现场级 I/O 的要求,使现场层和控制层使用统一的 Ethernet 协议,这样整个控制层、

收稿日期:2013-04-11

作者简介:刘 麟(1967-),女,四川攀枝花人,讲师,主要从事计算机信息技术及电气自动化控制工程研究工作和教学工作. E-mail: wangguang-fu126@126.com

现场层、企业层以及管理层都具备了同样的通信协议,更便于数据交换和管理,整个企业仿佛处于一个“全透明”的运作环境。菊花链回路是构建 Ethernet I/O 系统的理想回路,它是一种简化的级联模式,优点是可提供集中管理的扩展端口,对于多交换机之间的转发效率并不改变,它可以通过可管理交换机中的高速端口和软件方便配置,多台交换机还可通过堆叠电缆实现冗余备份功能。

本研究探讨如何基于菊花链回路对旧式 I/O 设备通信架构进行新的 Ethernet I/O 规划与改造,并基于 Quantum EIO 系统 (Ethernet I/O, 即基于 Ethernet 的 I/O 系统) 讨论回路的设计、规划和构建方法。

1 旧式 I/O 与 Ethernet I/O

工业中典型的旧式 I/O 应用如图 1 所示,通过 PC 机连接到 PLC 系统(图中为 315-2DP),PLC 通过现场总线如 Modbus、CAN、Profibus 等等连接到不同的 I/O 设备(图中为 DS300B),而现场数据的采集通过专用总线如串口 RS232 传输到 HMI 作为控制层诊断和分析使用。现场级另外有一个 MCC 对现场设备做控制和诊断,以保证不受距离的限制和减少干扰。通常生产线上有很多个这样的组,每个组的配置都相同。其中 PLC 与 PC 机通讯也可采用 Ethernet 方式,PLC 与现场级的变频器、伺服、触摸屏的通讯采用不同的专用现场总线通讯方式。这种方式的缺点在于现场级和控制级采用了不同的通信协议,开放性差,尤其是在远距离通信中维护成本高,不便于操作和管理^[2]。

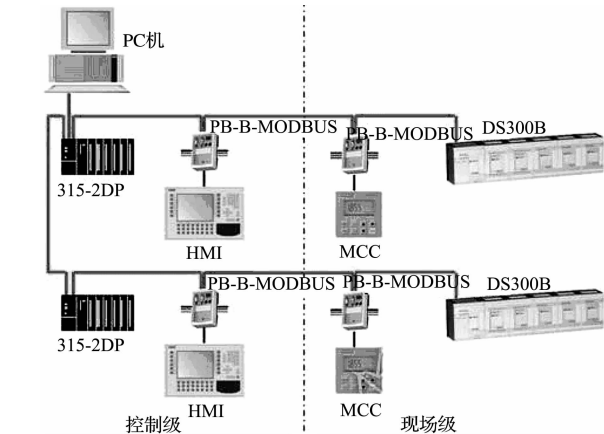


图 1 典型的旧式 I/O 系统

而 Ethernet I/O 使分布式 I/O 和远程 I/O 系统处于同一个局域网内,本地机架与远程 I/O 子站之间采用以太网通讯,本地机架也可通过分布式 I/O 连接 STB 设备,另外,可通过通信模块的路由功能连接到控制网络,这样解决了不在同一网段以太网通信的问题。这种结构同样可以实现旧式 I/O 的多组控制,而且更便于通过 Ethernet 实现组间的工作协调,并可以方便地利用上位机组态软件(如 UnityPro)对每个组的工作情况进行监控^[3]。

2 旧式 I/O 到 Ethernet I/O 的迁移

2.1 改造流程

从旧式 I/O 到 Ethernet I/O 的改造流程图如图 2 所示,首先根据旧 I/O 系统设计系统架构,其中包括:

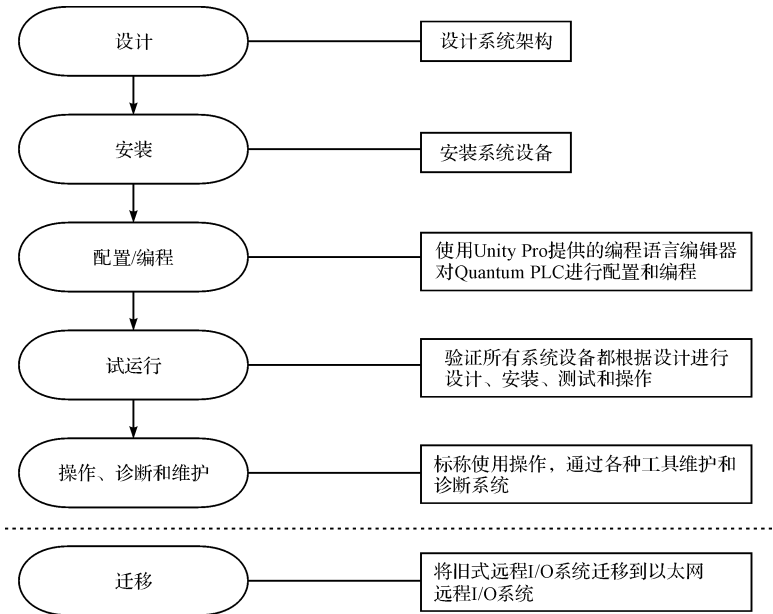


图 2 旧式远程 I/O 到 Ethernet I/O 的流程

- (1)规划适当的网络拓扑。
- 规划拓扑时的要点包含以下几点：
- ①两个相邻以太网远程 I/O 设备之间的距离(以及主环路上对 DRS 和光缆的潜在需求；
 - ②高可用性要求(独立或热备)；
 - ③拓扑类型(具有单或双以太网端口的设备类型)；
 - ④本地机架配置；
 - ⑤分布式 I/O 设备要求；
 - ⑥隔离要求(例如当本地机架和远程 I/O 子站位于不同接地系统时)。

(2)根据距离选择物理介质。

两个以太网远程 I/O 设备之间的距离可确定物理层的选择。如果使用的是铜芯缆线,则两个相邻远程 I/O 设备之间的最大距离为 100 m。如果相邻设备之间的距离超过 100 m,则需要使用一个或多个 DRS。DRS 可用于延长铜芯缆线长度或将主环路从铜芯缆线转为光缆。对于单模光纤而言,光缆可以覆盖 15 km 的距离。

系统构架确定后,开发人员即根据设计方案选择并安装系统设备,如在后面将要讨论到的 Quantum Ethernet I/O 系统设备,安装完系统设备后,再根据具体应用需要进行配置和编程^[4]。对于 Quantum Ethernet I/O 系统来说,其采用 Unity Pro 提供的编程语言来对 PLC 进行配置和编程。当程序配置完成后,开发人员将程序下载到 PLC 中调试和试运行,其目的是为了

验证所有系统设备是否都根据需求进行设计、安装、测试和操作。试运行成功后开发人员还要根据用户需求对设备进行操作、诊断和维护,包含标称使用操作,通过各种工具进行维护和对系统诊断和分析。通过以上步骤,就完成了将旧式 I/O 系统迁移到 Ethernet 远程 I/O 系统的过程^[5]。

2.2 旧式远程 I/O 子站与以太网远程 I/O 子站的比较

在 Quantum Ethernet I/O 配置中,因为旧式远程 I/O 是基于同轴电缆传输,新式 Ethernet 远程 I/O 将通过光纤和铜芯缆线传输,新的系统中完全摒弃旧式远程 I/O 子站传输方式,利用 Quantum EIO 提供的 Ethernet 通信功能,可以将旧式远程 I/O 系统迁移到 Ethernet I/O 系统^[6]。

旧式远程 I/O 模块与以太网远程 I/O 模块的比较与分析如表 1 所示,包含其共同点和不同点。共同点是支持的子站类型依然相同,但其连接网络协议已经由专有协议改为 Ethernet/IP 协议。另外 Ethernet 远程 I/O 子站可以支持的 I/O 模块比旧式远程 I/O 子站也得到了扩展。旧式远程 I/O 子站限制为 64 个输入字和 64 个输出字, Ethernet 远程 I/O 子站限制为 800 个输入字节(400 个输入字)和 800 个输出字节(400 个输出字)。将旧式远程 I/O 子站替换为 Ethernet 远程 I/O 子站时,如果远程 I/O 模块总数相同,则可以减少 Ethernet 远程 I/O 子站的数量以优化网络性能^[7]。

表 1 旧式远程 I/O 方式与以太网远程 I/O 比较

	旧式远程 I/O	以太网远程 I/O
本地主站模块	140 CRP 931 00 140 CRP 932 00	140 CRP 312 00
本地主站模块配 连接网络协议	本地机架上的 Unity Pro 配置(无参数) 专有	本地机架上的 Unity Pro 配置(无网络参数) EtherNet/IP
远程 I/O 模	800 系列 I/O Quantum 远程 I/O SY/MAX	Quantum 远程 I/O
Quantum 远程 I/O 子站		
子站配置	模块状态数据的参数	模块状态数据的参数
子站适配器模块配置	远程机架上的 Unity Pro 配置(无参数) 电源 离散量 模拟量 计数 通讯(XBE)	远程机架上的 Unity Pro 配置(无网络参数) 电源 离散量 模拟量 计数 通讯(XBE)
子站模块类型	专用(ERT 和 ESI) 位地址(拓扑或平面寻址)	专用(ERT 和 ESI) 位地址(拓扑或平面寻址)
模块 I/O 映	STU + STA + PLC(ETS) + XEF	STU + STA + PLC(ETS) + XEF + ZEF
项目文件中的远程 I/O		
诊断	基于% SW180 - % SW339 的总线诊断(子站、机架、模块)	基于% SW152 - % SW153(子站)、% SW172 - % SW173(子站)和% SW641 - % SW702(模块)并使用显式消息的总线诊断(子站、机架、模块)
CCOTF	可用于 Unity Pro 5.0 或更高版本	可用于 Unity Pro 6.0 或更高版本

3 基于菊花链的 Ethernet I/O 系统构建

菊花链是一种信号传输的连接形式,其基本回路是一种环形回路,常用的有菊花链总线、菊花链中断等。通俗的讲,其总线信号或中断信号是以串行的方式从一个设备依次传到下一个设备的,信号有点儿象串联电路中的电流。这样和 CPU 挨得越近,越是优先得到服务的机会,有些异步总线,如 VME 总线的数据传输和中断的分配就采用这种形式。通过可管理交换机可以方便地构建和配置菊花链回路^[8]。

3.1 基于可管理交换机构建菊花链回路

交换机分为可以管理的和不可管理的,不可管理的交换机是不能被治理的,治理是指通过治理端口执行监控交换机端口、划分 VLAN、设置 Trunk 端口等治理功能。而可管理交换机则可以被治理,它具有端口监控、划分 VLAN 等许多普通交换机不具备的特性。在 Ethernet I/O 系统的构建过程中,基于可管理交换机,如 TCSESM-E 双环路交换机来构建菊花链,灵活地管理本地 I/O 和远程 I/O 以及分布式 I/O。当将预定义配置文件下载到可管理交换机时,该文件会提供一组完整的操作参数,这些参数使交换机在指定架构中高效运行^[9]。

在 TCSESM-E 双环路交换机,有已经通过测试的预定义配置,它符合 Quantum EIO 系统的确定性和电缆冗余标准。除非在启用或禁用未连接到主环路或子环路的端口时,否则不建议在预定义配置文件中调整配置参数或更改端口使用。更改配置参数或端口分配都会影响交换机的效果和准确性以及远程 I/O 网络的性能。为使交换机便于管理,本研究通过使用 ConneXium 扩展可管理交换机盒上的标签标识端口。调试后确定需要下载到每个 DRS 的预定义配置时,开发人员将相应的配置编号写在标签上并将标签贴在 DRS 的任何一侧。

3.2 基于菊花链的光纤主环路

本研究通过预定义配置文件通过 TCSESM-E DRS (带 2 个光纤端口和 6 个铜芯缆线端口)将远程 I/O 铜芯缆线主环路连接到远程 I/O 子环路或分布式 I/O 子环路,如图 3 所示。

图 3 中,1-C5-C3-C4-C6 连成了单环菊花链主回路,而 C5-2,C3-2,C4-3,C6-3 为各自的子回路^[10]。

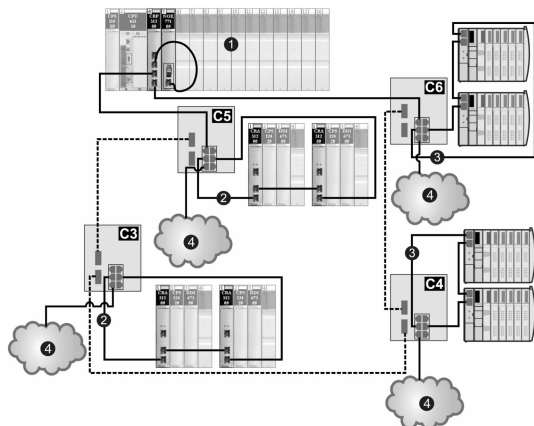


图 3 基于菊花链的 Ethernet I/O 构建

C3—DRS,使用针对具有分布式 I/O 云的光缆远程 I/O 主环路和铜芯缆线远程 I/O 子环路的预定义配置文件进行配置; C4—DRS,使用针对具有分布式 I/O 云的光缆远程 I/O 主环路和铜芯缆线分布式 I/O 子环路的预定义配置文件进行配置; C5—DRS,使用针对具有分布式 I/O 云的光缆/铜芯缆线主环路连接和远程 I/O 子环路的预定义配置文件进行配置; C6—DRS,使用针对具有分布式 I/O 云的光缆/铜芯缆线主环路连接和分布式 I/O 子环路的预定义配置文件进行配置; 1—本地机架,具有 CPU、140 CRP 312 00 远程 I/O 主站模块和 140 NOE 771 通讯模块; 2—远程 I/O 子环路; 3—分布式 I/O 子环路; 4—分布式 I/O 云

3.3 长距离热备光纤回路

开发人员在远距离通信应用中,采用光纤通信,为了保证通信稳定,同时使用热备进行冗余配置。通过预定义配置文件可以使 TCSESM-E DRS (带 2 个光纤端口和 6 个铜芯缆线端口)通过光缆在长距离上扩展远程 I/O 铜芯缆线主环路,长距离热备光纤配置如图 4 所示。

在每个预定义配置中,端口 8 保留用于端口镜像。通过端口镜像,可以复制通过端口 1 到端口 7 传递的流量并将复制的数据传输发送到端口 8 (在此处可以检查复制的数据包),从而对通过这些端口发送的数据传输进行故障排除。端口镜像不影响被镜像端口的正常转发行为。要排除端口 1 到端口 7 的故障,可将装有数据包嗅探软件的 PC 连接到端口 8 以分析被镜像的流量^[11]。

4 结束语

本研究所探讨的基于菊花链回路的工业 Ethernet I/O 系统采用一种架构同时包含 Ethernet 远程 I/O 网

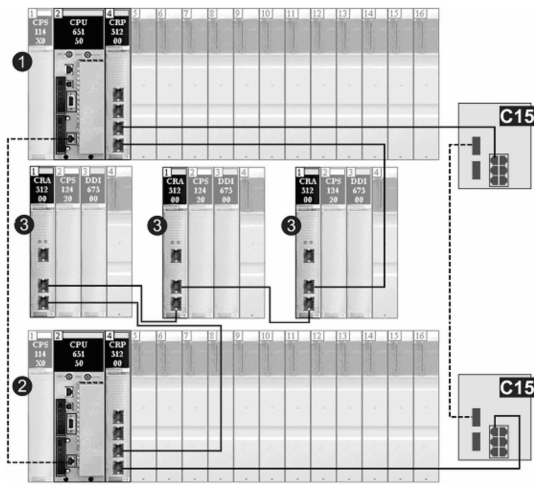


图 4 长距离热备光纤配置

C15—2 个 DRSs,使用针对适用于热备系统之间长距离链路的光缆/铜芯缆线连接的预定义配置文件进行配置;1—本地热备机架,具有 CPU、140 CRP 312 00 远程 I/O 主站模块和 140 NOE 771 通讯模块;2—备用 Hot Standby 机架;3—3 个分布式 I/O 子站

络上运行的远程 I/O 和分布式 I/O 设备以及分布式 I/O 云。通过 Quantum 通信设备使安装在本地机架上的分布式 I/O 主站模块和安装在主环路上的 DRSs,并将分布式 I/O 设备连接到远程 I/O 网络使其构成菊花链主回路。在子回路中扫描本地分布式 I/O 设备,DRSs 会控制来自子回路的分布式 I/O 设备的数据流,从而保持主回路中远程 I/O 流量的最高优先级,通过优先级控制不同级别的 I/O 数据。通过通信模块的路由功能实现不同网段的互联。它既能保证网络的冗余,又能保证网络的高效和时间的确定性,可在 PLC Ethernet I/O 设备网络构建和规划中推广和应用。

参考文献 (References):

- [1] 胡 炼,罗锡文,张智刚,等. 基于 CAN 总线的分布式插秧机导航控制系统设计[J]. 农业工程学报,2009,25(12):88-92.
- [2] 王整风. 基于 PLC 与触摸屏技术的原煤取样系统的设计与开发[J]. 煤矿机械,2008(11):172-173.
- [3] 蒋小洛,尤 佳,朱海涛. 基于以太网的智能设备控制器的设计与实现[J]. 机电工程,2010,27(7):74-77.
- [4] 黄文君,谢东凯,卢 山,等. 一种高可用性的冗余工业实时以太网设计[J]. 仪器仪表学报,2010,31(3):704-708.
- [5] 袁 梦,刘 萍,余 勃,等. 组合秤包装生产线分布式监控系统的软件设计[J]. 包装工程,2009,30(11):10-13.
- [6] 徐 跃,王太勇,赵艳菊,等. 基于总线和网络技术的开放式可监控数控系统[J]. 农业机械学报,2008,39(10):178-182.
- [7] 翟 华,李贵闪,严建文,等. 基于以太网技术的大型冲压生产线的远程监控系统设计[J]. 机床与液压,2012,40(1):92-94.
- [8] 樊妮娜,夏路易. 基于 AD5412 菊花链的数模转换设计[J]. 机械工程与自动化,2012(6):55-57.
- [9] 温小旭,林志明,辛柒荣. AD7656-1 菊花链的多通道数据采集接口设计[J]. 单片机与嵌入式系统应用,2009(6):25-28.
- [10] 孙传恒,杨信廷,李文勇,等. 基于监管的分布式水产品追溯系统设计与实现[J]. 农业工程学报,2012,28(8):146-153.
- [11] WU Shao-en, BIAZ S, WANG Hong-gang. Rate adaptation with loss diagnosis on IEEE 802. 11 networks[J]. *International Journal of Communication Systems*, 2012(25):515-528.

[编辑:李 辉]

本文引用格式:

刘 麟. 基于菊花链回路的工业 Ethernet I/O 系统改造[J]. 机电工程,2013,30(11):1430-1434.

LIU Lin. Improvement of industrial Ethernet I/O system based on daisy chain loop[J]. *Journal of Mechanical & Electrical Engineering*, 2013,30(11):1430-1434.

《机电工程》杂志: <http://www.meem.com.cn>