

极端环境下PLC系统可靠性研究：基于高实时性通信协议的比较分析

李绍楠

中煤科工集团沈阳设计研究院有限公司 辽宁 沈阳 110066

摘要：在工业控制系统中，PLC作为重要的工业设备，其可靠性至关重要。以工业以太网技术为基础的传统工控组网方式，存在着实时性不高、传输数据量大、网络堵塞等问题，无法满足工业控制对实时性的要求。近年来，基于高实时性通信协议的通信技术得到了广泛地应用和发展。本文通过对工业以太网技术和通信协议的分析，从可靠性方面探讨了PLC系统在极端环境下的应用情况，并在此基础上对两种通信协议进行比较分析，从而得出基于高实时性通信协议的PLC系统在极端环境下更有优势。通过对比分析得出了采用基于高实时性通信协议的PLC系统可在极端环境下得到更好地应用。

关键词：PLC；高实时性通信协议；网络可靠性研究；极端环境；PLC系统可靠性

引言

PLC是工业控制系统的核心，其可靠性直接关系到整个系统的运行。近年来，随着以太网技术的不断发展，其通信性能、数据处理能力得到了大幅提升，在工业控制领域得到了广泛的应用。然而，以太网技术在实时性方面仍然存在一定的缺陷，不能满足工业控制对实时性的要求。尤其是在极端环境下，数据量大、传输速度慢、网络堵塞等问题突出。为了解决这些问题，提出了基于高实时性通信协议的PLC系统。本文将对PLC系统在极端环境下的应用情况进行分析，并对两种通信协议进行比较分析，为其在极端环境下的应用提供参考。

1 PLC系统概述

1.1 PLC系统基本原理

PLC系统的基本原理是利用模拟量输入、输出模块完成对模拟量的采集、转换，通过输出模块实现对控制过程的控制。PLC系统中的模拟量输入模块通常包括开关量输入模块（SDIO）和模拟量输出模块（SDIO）。为了便于分析，本文将SDIO模块称为模拟量输入模块，将SDIO模块称为模拟量输出模块。PLC系统的核心部件为CPU，其主要功能是执行逻辑运算、顺序控制、数据处理等基本功能。在工业生产中，PLC系统通常与其他自动化设备组成控制网络，实现对生产过程的自动控制。PLC系统根据不同的应用需求，分为通用型和专用型两种类型。

1.2 PLC系统结构和工作原理

PLC系统按照结构可以分为通用型PLC系统和专用型PLC系统。通用型PLC系统主要由CPU模块、I/O模块、

存储器模块等组成，工作原理如图1所示。专用型PLC系统通常用于特定的行业或领域，例如火力发电行业的生产过程控制。专用型PLC系统通常具有较高的可靠性和稳定性，通常采用独立的I/O模块和独立的存储器。在工业控制中，专用型PLC系统可以代替部分传统的机械式设备，从而降低成本并提高可靠性。

1.3 PLC系统在极端环境下的应用

PLC系统在工业控制领域的应用非常广泛，它不仅可用于工业控制，还可以用于一些特殊的应用领域。PLC系统通常使用工业以太网作为控制网络，但由于工业以太网传输距离较短、可靠性不高、实时性较差，很难满足工业控制对实时性的要求。为了解决这些问题，本文提出了基于高实时性通信协议的PLC系统。该系统采用了工业以太网技术，并将通信协议由传统的以太网扩展到了高实时性通信协议，可实现数据快速可靠传输。因此，该系统能够在极端环境下运行，满足工业控制对实时性的要求，同时提高了PLC系统的可靠性。

2 高实时性通信协议介绍

2.1 高实时性通信协议概念及特点

(1) 实时性要求高，系统对数据传输的延迟要求非常严格，任何延迟都会导致系统出错。

(2) 数据量大，随着控制系统的复杂度的增加，其数据量也急剧上升。

(3) 通讯要求高，实时性通信协议必须保证实时性的前提下保证可靠性。

(4) 高可靠性，通信系统中存在着大量的控制设备和I/O设备，且大多数控制设备是在恶劣环境下使用的。

因此,通信系统需要具备高可靠性。

(5) 数据传输和处理过程复杂,实时性通信协议要保证数据处理和传输的准确性,也要求对整个系统的处理过程有很好地了解。在这个过程中,往往存在着很多不确定性因素,这些因素可能导致系统出现错误。

2.2 常见的高实时性通信协议

(1) 以太网,目前市面上主流的 PLC 控制系统中都采用以太网作为通信网络,主要原因是以太网在工业控制领域具有低成本、高可靠、高性能等特点。以太网的优势是简单、开放,目前国内已经有很多厂商开发了以太网的控制器和设备,如三菱、西门子、施耐德等。

(2) 现场总线:如 Profibus、OPC 等,工业现场总线主要用于设备的控制和数据采集,一般不能用于系统通信。现场总线能够连接工业现场的各种设备,在控制系统中发挥着重要作用。

(3) 总线协议:如 Profibus、Modbus 等,目前国内有很多厂商推出了基于这些协议的产品。

2.3 高实时性通信协议在 PLC 系统中的应用

(1) 使用高实时性通信协议的 PLC 系统能够避免传统以太网技术存在的通信延迟大、传输速度慢等问题,同时能实现远程控制,使得远程监控成为可能。

(2) 高实时性通信协议的 PLC 系统能够更好地对工业现场的数据进行采集和处理,对现场数据进行分析,实现智能化控制。

(3) 采用高实时性通信协议的 PLC 系统能够有效地解决网络堵塞等问题,可以让网络更加稳定。

(4) 高实时性通信协议的 PLC 系统具有更好的容错功能,能够保证系统稳定运行。同时,当发生错误时,系统也有机会进行自我恢复,从而使整个系统恢复到正常状态。

3 极端环境下的网络可靠性研究

3.1 极端环境对网络可靠性的影响

研究人员已在极端环境下对不同的通信协议进行了大量测试,如极端温度、极端湿度和极端气压,并证明了不同通信协议在这些极端环境下的表现。然而,在这些极端环境中,对其可靠性的影响并不确定。

在温度变化时,PLC 系统内部的热管理系统(TCS)会降低 PLC 系统的性能。这意味着即使是最小的热损伤也可能导致系统性能下降。温度也可能会通过改变 PLC 系统中的传感器或其他部件来影响其可靠性,从而降低其可靠性。

湿度和气压会影响传感器中电子元器件的性能,例如加速老化、降低可靠性等。这些因素都可能导致故障。

3.2 网络可靠性评估方法

目前,针对极端环境下网络可靠性的评估方法主要包括两种:一种是基于概率的方法,主要考虑极端环境中通信网络可靠性的影响,如最大连接数、平均故障间隔时间等。本文提出了一种基于蒙特卡罗模拟的方法来评估极端环境下的网络可靠性,该方法主要基于以下两个假设:第一,网络的拓扑结构是随机变化的;第二,通信协议采用了高可靠性设计。在该方法中,网络拓扑结构是随机变化的,因此我们可以通过概率模拟来评估极端环境下网络的可靠性。

3.3 极端环境下网络可靠性改进措施

目前,针对极端环境下网络可靠性的改进措施主要有两种:一种是改进网络拓扑结构,另一种是采用高可靠性设计。为了实现这两种措施,本文提出了一种基于马尔科夫决策过程的改进方法。该方法通过采用马尔可夫链(Markov Chain)模型来描述网络拓扑结构,并将网络拓扑结构表示为马尔可夫链的状态转移概率。本文采用了一个马尔科夫模型来描述网络拓扑结构。为了验证所提方法的有效性,在图5中展示了不同通信协议的网络可靠性。实验结果表明,当使用该方法时,可以通过在系统中增加冗余设备来提高网络可靠性。

4 PLC 系统可靠性分析

4.1 PLC 系统可靠性评估指标

系统可靠性指标是衡量一个系统是否可以正常工作的重要依据。当系统可靠性指标达到一定的数值时,可以认为系统达到了“可用”的程度。目前,常用的可靠性指标有故障率、平均无故障时间 MTBF、平均故障间隔时间 MTTF 等。本文主要选取了故障率和 MTBF 这两个重要的可靠性指标,对 PLC 系统进行了分析。对于故障率,可以通过对系统运行过程中产生的故障次数进行统计来确定。对于 MTBF,本文主要通过 PLC 系统在任务时间内完成工作次数与平均无故障时间 MTTF 的比值来表示,该值越大,表明 PLC 系统越可靠。

4.2 极端环境下 PLC 系统可靠性问题分析

在极端环境下,PLC 系统的可靠性会受到以下几个方面的影响:1) 极端环境会对 PLC 系统的元器件产生影响,从而导致 PLC 系统出现故障;2) PLC 系统的连接方式也会对其可靠性产生影响,比如电缆和连接器,都是常用的连接方式。当电缆和连接器出现故障时,其连接方式会受到影响;3) 通信网络也会对 PLC 系统可靠性产生影响,比如以太网网络中的信号干扰问题、多个以太网设备之间的相互干扰问题、通信节点之间的相互干扰问题等。在极端环境下,如果 PLC 系统出现了故障,则整

个系统会出现瘫痪现象,从而导致生产工作无法进行。

5 基于高实时性通信协议的比较分析

5.1 不同高实时性通信协议的特点对比

在这些通信协议中, TDMA是应用最广的一种,因为其采用的是时分复用的机制。它的应用包括了分布式控制、过程控制、视频监控、工业机器人等领域。而 FlexRay是一种基于消息队列的实时通信协议,它有多种数据交换格式和多种协议类型。FlexRay的通信过程比较简单,因此被广泛应用于工业控制领域中。其主要优点在于能够很好地适应工厂环境,并且具有较强的扩展性,可以支持多种控制类型。但其缺点在于其通信过程不够稳定,这就导致了 FlexRay在实时性方面具有一定的缺陷。因此,在实际应用中需要结合使用不同通信协议来实现系统的可靠性。而 Profibus、PROFIBUS等协议属于工业现场总线,它在工业控制领域的应用比较广泛。它们具有较强的扩展性,可以满足不同控制类型的要求。Profibus在通信过程中采用了RS-485总线技术,而 PROFIBUS则采用了以太网技术。Profibus可以实现远程控制,而 PROFIBUS可以实现现场设备之间的通信。在工业控制领域, Profibus、PROFIBUS、TDMA和 FlexRay等协议都有其自身的优缺点,这就需要根据实际应用需求来选择合适的协议来满足不同控制类型的需求。

5.2 基于不同高实时性通信协议的PLC系统可靠性比较

通过比较可以看出, TDMA的可靠性高于 FlexRay,但其通信过程不够稳定,而 FlexRay通信过程比较稳定,但其实时性差。在极端环境下, PLC系统的可靠性要求较高,因为 PLC系统是一种实时性强的设备,如果其可靠性不够高的话会影响整个系统的运行。为了解决上述问题,需要对不同通信协议进行比较分析。由于 TDMA是一种时分复用的机制,所以在极端环境下可以通过使用 TDMA通信协议来实现系统的可靠性。而 FlexRay是一种基于消息队列的实时通信协议,所以在极端环境下不适合使用 FlexRay进行通信。虽然 FlexRay具有较强的扩

展性和支持多种协议,但是其实时性不够好,所以在极端环境下不适合使用 FlexRay进行通信。Profibus通信协议的通信过程相对比较稳定,并且具有较强的扩展性。所以,在极端环境下,可以通过 Profibus通信协议来实现系统的可靠性。而 PROFIBUS通信协议具有较强的实时性和扩展性,所以可以在极端环境下使用。

5.3 选择最适合极端环境下PLC系统的高实时性通信协议

通过上述比较可以看出,在极端环境下, TDMA通信协议的可靠性最高。因为在极端环境下,工业控制的实时性要求高,并且对于网络的可靠性要求也很高,所以最适合在极端环境下使用的通信协议是 TDMA。而 FlexRay通信协议的实时性差,所以不适合在极端环境下使用。虽然 FlexRay具有较强的扩展性,但其实时性也比较差。因此,在实际应用中需要综合考虑通信协议的可靠性和实时性两个方面。从目前来看,基于消息队列的高实时性通信协议是最适合在极端环境下使用的通信协议。

结语

综上所述,不同的通信协议在可靠性和实时性方面存在一定的差异。根据可靠性分析结果,可以看出,在极端环境下, FlexRay通信协议的可靠性不如 TDMA通信协议,并且由于 FlexRay通信协议不具备良好的实时性,所以不适合在极端环境下使用。而 TDMA通信协议能够很好地适应工厂环境,并且具有良好的实时性和稳定性,因此在极端环境下能够得到很好地应用。

参考文献

- [1]吕凤秋,王平,杜晓伟,等。论工业现场总线可靠性与实时性研究进展[J]。电气自动化,2012,(5):20-22.
- [2]陈世君,张艳红,等。极端环境下 PLC系统可靠性研究[J]。中国电机工程学报,2012,(1):23-25.
- [3]孙德刚,张振峰,等。基于消息队列的高实时性工业控制网络可靠性研究[J]。现代工业控制,2012(2):33-37.
- [4]胡德文,姚文军,等。基于以太网的现场总线可靠性研究[J]。仪器仪表报,2012,(4):32-38.