

PROFINET IO 通信实时性分析

刘喜梅, 李程

(青岛科技大学 自动化与电子工程学院, 山东 青岛 266042)

摘要:通过对 PROFINET IO 概念的介绍, 以及对 PROFINET 非实时报文和实时报文在以太网及交换机中的传输时间的研究, 得出不同组态距离的 IO 设备的刷新时间, 从而正确设置组态参数, 避免了由于刷新时间和看门狗时间设置不当而导致的设备故障。

关键词: PROFINET IO; 刷新时间; 实时性; 响应时间

中图分类号: TP751

文献标识码: A

Analysis of PROFINET IO communication

LIU Xi Mei, LI Cheng

(School of Automation and Electronic Engineering, Qingdao University of Science and Technology, Qingdao 266042, China)

Abstract Through the introduction of the concept of PROFINET IO and the study of PROFINET non-realtime and real-time packets transmission time via Ethernet and switchers, we can get update time of IO devices in different configuration distances, so that configure parameters can be set properly and we can avoid equipment failure which is caused by the incorrectly setting of update time and watchdog time.

Key words: PROFINET IO; update time; real-time; response time

PROFINET 是 PROcess、Field 和 NET 的缩写, 是基于工业以太网的开放的、标准的、实时的通信协议, 可以应用 TCP/IP 协议和 IT 标准, 与现场设备实现无缝集成, 可以说 PROFINET 是工业以太网应用在现场级的一种实施协议。

PROFINET 主要有两种通信方式^[1]:

(1) PROFINET IO 实现控制器与分布式 I/O 之间的实时通信;

(2) PROFINET CBA 实现分布式智能设备之间的实时通信。

从 PROFINET 的角度来看, PROFINET IO 是在工业以太网上实现模块化、分布式应用的通信概念。通过 PROFINET IO, 分布式 I/O 和现场设备能够集成到以太网通信中。

1 PROFINET IO 的基本概念

1.1 PROFINET IO 的工程模型

(1) IO 控制器

IO 控制器^[2]一般是可编程控制器(例如 PLC), 它能够

执行自动化程序。其功能相当于 PROFIBUS 类型 1 的主站。

(2) IO 设备

IO 设备是连接到 PROFINET 网络中的现场分布式 I/O。

(3) IO 监视器

IO 监视器^[2]是一种工程设备, 通常为 PC、HMI 或可编程控制器, 用于 IO 控制器和 IO 设备的调试和诊断, 在运行期间连接 IO 监视器, 通常只是暂时性地用于调试和故障处理。IO 监视器的功能相当于 PROFIBUS 类型 2 的主站。

1 个 PROFINET IO 系统应该包括至少 1 个 IO 控制器和 1 个 IO 设备。

1.2 PROFINET IO 的数据流

PROFINET IO 通信站点的数据交换是通过标准通道^[3](基于 UDP/IP) 和实时通道完成的。在这些通道里, 数据使用不同的协议进行传输。例如启动时从站参数是由主站通过 UDP 协议传递的, 设备地址名字的分配是通过 DCP 协议完成的, 这些都属于标准数据, 也可以称为非实时

(NRT)数据。而周期数据^[4]、报警数据是通过实时协议传送的,被称为实时数据。

1.3 组态 PROFINET IO 及其重要概念

1.3.1 组态 PROFINET IO

PROFINET IO 组态如图 1 所示,主站是 CPU319-3 PN/DP,从站有 3 个 IO 设备,分别为 ET-200S,ET-200pro 和 ET-200eco,还可以继续添加 IO 设备,

SIMATIC 产品系列的 PROFINET 设备具有 PROFINET 接口^[5](带或不带集成交换机)。带集成交换机的 PROFINET 设备通常具有 2 个端口,用于网络的线性总线结构。同时还提供有 3 个或更多端口的 PROFINET 设备以连接树型拓扑。由图 1 可见,CPU319 通过双绞屏蔽线与设备 3(ET-200S)连接,不同的 IO 设备之间通过它们自带的交换机接口进行连接。

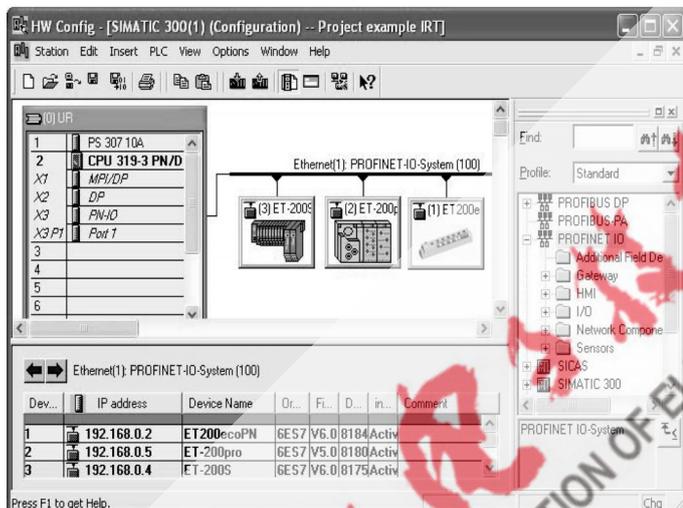


图 1 组态 PROFINET IO

1.3.2 PROFINET IO 中的不同时间概念

(1)发送时钟(Send clock)^[6]:IRT 或 RT 通信中 2 个连续间隔之间的时间段。发送时钟是用于交换数据的可能的最短传输时间;

(2)更新时间(Update time):更新时间=发送时钟×Factor。

在此时间间隔之内,IO 控制器/IO 设备为 PROFINET IO 系统中的 IO 设备/IO 控制器提供新的数据。可以为每个 IO 设备单独组态发送周期,并定义将数据从 IO 控制器发送到 IO 设备(输出)的时间间隔以及将数据从 IO 设备发送到 IO 控制器的时间间隔(输入)。更新时间在 STEP7 组态中可以设置。

(3)Factor:Factor 是放大倍数,为 2^n ,也称减速比(Reduction Ratio)^[7]

(4)看门狗时间(Watchdog time)

通过 STEP7,采用更新时间的整倍数来设置看门狗时间,该时间也可由用户修改。如果在看门狗时间内 IO 控制器没有为 IO 设备提供输入/输出数据,IO 设备将出

现故障并给出替换值。这种情况将作为站故障报告给 IO 控制器。

2 研究 PROFINET IO 实时性的必要性

首先,在运动控制系统等对实时性要求很高的领域,用户需要知道 PROFINET IO 数据循环的周期,以便更好地进行生产。其次,如果在 STEP7 工程工具中对 PROFINET IO 设备的更新时间和看门狗时间设置不合适,设备就会在运行时出现莫名其妙的故障。所以,对 PROFINET IO 实时性的研究是很有必要并且具有现实意义。

3 PROFINET IO 的实时性

3.1 标准以太网的帧结构

标准以太网的帧如表 1 所示。可以看出,一个标准以太网帧数据大小为 64 B~1 500 B。快速以太网(100 Mb/s)传输 1 518 B 数据的时间是 120 μ s,传输 64 B 数据的时间是 5 μ s。

表 1 标准以太网帧结构

字节数	7	1	6	6	2	46~1500	4
	前导码	帧开始定界符	目的地址	源地址	长度	数据	校验和

3.2 交换机制

SIMATIC 中的交换机通过 PROFINET 上的 2 个机制满足实时要求。

(1)存储与转发 S&F(Store and Forward)^[4]

使用存储转发方法时,交换机将完整地存储消息帧,并将它们排成一个队列。如果交换机支持国际标准 IEEE 802.1Q,则根据其其在队列中的优先级存储数据。这些消息帧随后将有选择性地转发给可访问已寻址节点的特定端口(存储转发)。

对于存储转发,数据经过交换机时先存储进行校验,然后由交换机根据地址表再进行转发。

(2)直通交换方式(Cut Through)^[4]

在直通交换方式过程中,并不是将整个数据包临时存储在缓冲区中,而是在目标地址和目标端口已经确定后,马上将整个数据包直接传送到目标端口。这样通过交换机传送数据包所用的时间是最小的,且不受消息帧长度的影响。当目标段与下一个交换机的端口之间的区段已被占用时,数据将“根据优先级的存储和转发过程”临时存储。

根据西门子交换机 SCALANCE X200 手册,64 B 的数据 S&F 延迟时间是 10 μ s,1 500 B 数据 S&F 延迟时间是 130 μ s。

根据 IEEE802.1Q 定义的以太网报文的优先级,在标准以太网报文中加入 4B 来标识报文的优先级,凡是支持 IEEE802.1Q 的交换机都会对这些报文进行优先级的识别和处理,以图 2 所示为例说明,交换机的端口 2 收到报文 1 并进行存储转发,这时端口 3 收到报文 2 和报文 3,

《微型机与应用》2010 年第 2 期

网络与通信

Network and Communication

由于报文 1 正在被发送,即使它是非实时的报文也不能被中断,由于报文 2 的优先级低于报文 3 的优先级,所以报文 3 会被优先发送出去,这时从端口 1 发送的顺序就是报文 1、报文 3、报文 2。

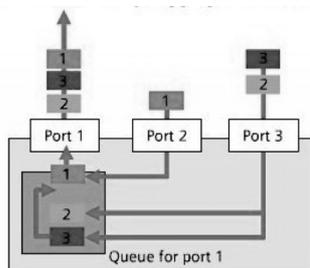


图 2 通过交换机转发 PROFINET 报文

3.3 PROFINET IO 实时数据传输的延迟时间

假设组态 ET200 分布式 I/O 模块不是很多的情况下,这样一个最小的以太网报文 64 B 完全可以控制 I/O,那么就认为 PROFINET 报文的大小为 64 B。根据快速以太网(100 Mb/s)传输 64 B 数据的时间是 $5 \mu\text{s}$,经过 n 台交换机的传输时间约为 $n \times 5 \mu\text{s}$ 。根据 SCALANCE X200 手册,64 B 的数据 S&F 延迟时间是 $10 \mu\text{s}$,经过 n 台交换机的延迟时间约为 $n \times 10 \mu\text{s}$ 。那么 RT 数据的延迟时间为 $n \times (10+5) \mu\text{s}$ 。

但是还需要考虑另一种情况,如果 RT 数据经过每台交换机准备发送,恰好每台交换机都正在转发一个最大的非实时(NRT)以太网报文,RT 的数据必须等待非实时(NRT)数据发送完然后再进行传输,当然,这种情况是极特殊的。这样通过计算快速以太网传输 1 518 B 数据的时间是 $120 \mu\text{s}$,最大非实时数据(NRT)以太网报文经过 n 台交换机的传输时间约为 $n \times 120 \mu\text{s}$ 。根据 SCALANCE X200 手册,1 500 B 的数据 S&F 延迟时间是 $130 \mu\text{s}$,经过 n 台交换机的延迟时间约为 $n \times 130 \mu\text{s}$ 。这种情况,经过 n 台交换机一个 RT 数据总的延迟时间约为 $n \times (10+5) \mu\text{s} + n \times (130+120) \mu\text{s}$ 。如果存在 64 台 SCALANCE X200 交换机串联,则“最远”现场 IO 的延迟时间约为 $64 \times (130+120) + 64 \times (10+5) = 16.96 \text{ ms}$ 。

这样根据所计算的结果,如果通过 STEP7 设置最远设备的刷新时间 PROFINET IO 网络中,一个 IO 控制器控制 64 个 IO 设备时,Step7 默认计算控制每一个 IO 的 Update time 为 1 ms。而在 PROFINET 网络中,不可避免地存在非实时(NRT)数据,例如通过 SFB52/53 读写数据记录,通过 SNMP 诊断和维护 PROFINET 网络、PG 诊断、视频或音频等。

如果使用默认设置的 1 ms,则“最远”现场 IO 可能出现莫名其妙的丢站现象,可能会被认为是电磁干扰等造成的,从而无法排除现场故障。如果存在上述网络拓扑结构,最好设置“最远”现场 IO 的刷新时间在 8 ms 以上,或者调整看门狗时间,即调整刷新时间的倍数,使

IO 控制器和 IO 设备不会检测到错误。

根据这种分析方法,对任何的 PROFINET 网络拓扑结构都可以通过上述的方法确定 PROFINET IO 设备的刷新时间,避免出现 IO 错误。

如果使用 SCALANCE X IRT 交换机串联,由于 IRT 交换机使用 Cut Through 的处理数据方式,这样数据的延迟时间会明显缩短。

如果使用带有 PN 接口的 ET200 串联,由于集成 ERTEC 芯片,同样适用 Cut Through 的数据处理方式,这样数据的延迟时间会大大缩短。

由交换机的机制和数据在网络介质中传输造成的延迟可以看出,距离主站组态距离不同的 IO 设备数据更新时间是不同的,距离主站越远的设备,IO 数据更新时间越长,所以必须要设定相应的看门狗时间,以避免因为到达看门狗时间数据未更新而造成设备故障误报。

使用 IRT(等时实时)通信可以有效地减少数据在交换机上的延迟,因为 IRT 数据经过交换机使用的是 Cut Through 方式。

参考文献

- [1] 崔坚,李佳,杨光. 西门子工业网络通讯指南(下册)[M]. 北京:机械工业出版社,2005:199-201.
- [2] RAYMOND P, MARK M, 汤亚锋. 西门子 PROFINET 工业通信指南[M]. 北京:人民邮电出版社,2007:46-48.
- [3] 西门子公司. Siemens PROFINET 系统说明[M]. 北京:西门子公司,2008:18-20.
- [4] 阳宪惠. 工业数据通信与控制网络[M]. 清华大学出版社,2003:39-40.
- [5] 刁博,方彦军. 工业以太网中网络通信技术的研究. 微计算机信息[J]. 2005(2-0):2-3.
- [6] WILLIAM H M. ETHERNET/IP: open, available and based on modern technology. The Industrial Ethernet. 2002(1):6-7.

(收稿日期:2009-09-16)

作者简介:

刘喜梅,女,1961年生,教授,硕导,主要研究方向:超高压直流输电系统故障诊断技术;

李程,男,1985年生,研究生,主要研究方向:Profinet 总线协议研究。