

基金会现场总线网桥的研究和实现

宋岩^{1,2} 徐皓冬^{1,2} 魏剑巍¹

(1中国科学院沈阳自动化研究所 沈阳 110016;

2 中国科学院研究生院 北京 100049)

摘要: 出于系统规模或者安全的原因,有时需要把若干独立的基金会现场总线网段连接成规模更大的扩展网段,而且要求在这些扩展网段上能够实现跨网段通信和控制,完成这种功能的设备就是网桥。本文探讨实现跨网段的组态和控制的机制。讨论FF H1网桥的体系结构和模型、寻址方式、拓扑结构等,结合实现重点论述网桥的过滤和转发功能。

关键词: 现场总线 基金会现场总线 网桥 过滤 重发布

Research and Realization Of Foundation Fieldbus Bridge

Song Yan^{1,2} Xu Aidong^{1,2} Wei Jianwei¹

(1 Shenyang Institute Of Automation Chinese Academy Of Sciences Shenyang 110016;

2 Graduate University Of Chinese Academy Of Sciences Beijing 100049)

Abstract: Due to the system scale or safety reasons, several Foundation Fieldbus link may need connect to an extend link which different segment's devices could communicate each other. The device link them to an extend link is bridge. This paper focuses on the mechanism by which the bridge links different segments together. And it also discusses the architecture of the Foundation Fieldbus H1 bridge. Furthermore, the key function of bridge forwarding and republishing are described in detail.

Key words: Fieldbus FF H1 Bridge Filter Republish

1 引言

现场总线应用越来越普及,包括工厂自动化、汽车电子、建筑机械以至农机等领域都有现场总线的应用。目前存在着多种现场总线标准^[1],如Profibus, LonWorks, CAN, FF H1, FF HSE等等,它们各自有各自的优势和适用范围。基金会现场总线是最为流行的现场总线之一,主要应用于过程控制。基金会现场总线(Foundation Fieldbus, FF)共有2种,传输速率为31.25kbps的H1,基于以太网标准的HSE。FF以其分布式的控制方式降低风险,提高控制的灵活性,通过一致性测试和互操作测试的不同厂家的设备可以互联,组成控制系统。FF H1一般作为现场级的控制系统,当系统规模较大时需要多个H1

网段协同工作,构成有机整体,共同实现控制。另外出于安全和冗余以及其他的考量因素需要划分不同H1网段,而这些网段之间可能需要互联,这种互联需要通过数据链路层设备FF H1网桥来实现。本文详细讨论FF H1网桥。

2 FF H1网桥

2.1 拓扑结构

多个通过网桥互联FF H1网段构成一个扩展网段(Extend Link),每个独立的网段可以有自己独立的调度和操作,桥接起来的扩展网段允许设备间跨网段的调度和互操作,如同在一个单独的网段中,这种互联(在一个扩展网段内)与单网段情形相比会导致时间和事件的同步效果变差^[2]。在FF H1网络

中，任意两个设备之间只有一条路径。网桥桥接不同网段，如图1所示，图1中3口的桥为根网桥(Root bridge)，该图也是桥接的扩展网段典型的拓扑图。在扩展网段中网桥的每个端口都具备成为LAS的能力，如果一个网桥所有的端口都充当LAS则该网桥为根网桥。

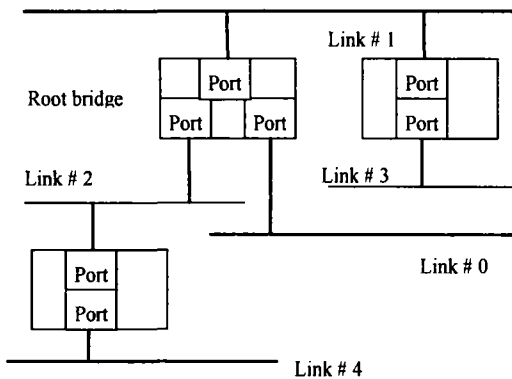


图1 FF H1桥接扩展网络拓扑

若一个网桥的某个端口处于Forwarding状态且不是LAS，则该端口为网桥的根端口^{[2],[3]}。DL-Time从根端口向非根端口传递，即通过非根端口扩展到与其相连的网段。根网桥和根端口的作用之一是为了方便扩展网段的DL-Time的转发。一般地，一个扩展网段使用同一个DL-Time。若网桥的端口不处于Forwarding状态且不是LAS，则该端口和与其相连的网段按自身时间同步而不与扩展网段时间同步。

2.2 体系结构

FF H1网桥工作在数据链路层，是数据链路层的中继设备^[2]。网桥的主要功能是实现跨网段的组态和通信。网桥的每个端口都提供标准的数据链路层功能，每个端口都具备成为LAS(Link Active Scheduler)的能力，桥的功能有4种：1) 转发(Forwarding)；2) 重发布(Republishing)；3) 数据链路时间(DL-Time)重发布；4) 应用程序时钟(Application clock)重发布。前3种为数据链路层的功能，后一种是系统管理的功能。FF H1网桥的体系结构如图2所示。网桥的端口逻辑上包含低层数据链路功能(lower-DL function)，完成从相应网段接收DLPDU，发送排队的待发送DLPDU。这部分实现接收和数据校验，接收全部发到该端口的DLPDU

并且检查FCS等以确保收到的DLPDU是有效的，若出错则丢弃。

网桥的端口有3种状态：FORWARDING, BLOCKING, DISABLED。处于FORWARDING状态的端口是正常工作状态，支持全部网桥类的数据链路操作，可以完成Forwarding转发DLPDU和Republishing重发布DLSDU功能。若该端口不是根端口还需完成与根端口时间同步的功能。处于BLOCKING状态的端口支持部分网桥类的操作，是作为一个Link Master设备而不是网桥端口出现在网络中。处于BLOCKING状态的端口不执行Forwarding和Republishing功能，也不执行基金会现场总线网桥声明协议，若该端口不作为LAS则使用本网段的时间而不是与整个扩展网络时间同步。处于DISABLED状态的端口只能作为基本设备存在于其所连接的网段，不支持网桥类的数据链路操作。在端口被配置之前的初始状态是DISABLED。

过滤功能主要完成数据的过滤，使用已配置的过滤数据库判定一个收到的DLPDU是否应该被转发，以及应该转发到除去本端口之外的哪个或哪些端口；另外网桥本地产生的DLPDU也需要该过滤功能决定应该发送到哪个或者哪些端口。过滤功能是通过一个FDB和一组访问FDB的函数实现的。转发的功能本身就是依赖过滤数据库所实现的。

网桥包括一个管理网桥行为及与其它网桥交互的实体，称为BME(Bridge management entity, 桥管理实体)。BME负责桥间的协同工作，能够解析BPDU(Bridge-PDU)报文，另外还负责桥的核心功能——Republishing功能。BME维护RPDB(Republishing Database, 转发数据库)，转发数据库表项包括subscribing-DLCEP(订阅者数据链路连接端点)和republishing-DLCEP(发布者数据链路连接端点)以及连接信息(包括最大DLSDU长度，优先级等)。网桥之间的协作是通过基金会现场总线网桥声明协议(FF Bridge Annunciation protocol)专用BPDU实现的，通过该协议实现快速生成树算法，可完成获知拓扑改变、及时掌握拓扑

的变化和确定 DL-Time 的传播方向等桥间协同工作。

2.3 寻址

FF H1 共有两种地址格式，长地址格式和短地址格式。长地址格式长度为 4 字节，包括 Link designators(网络标志 2 octets),Node designators(节点地址 1 octet),Selectors(选择子 1 octet)。短地址格式仅包括 Node designators 和 Selectors，长度为 2 字节。一些特定的 Link designators 被保留，如 0000 表示本网段，0001 表示全部网段等。每个构成扩展网段的网段都有一个唯一的 Link designator。一个网段上的节点有唯一的节点地址。Selector 用来区分节点内部进程。

3 网桥的实现

我们所实现的网桥环境：CPU 使用 ATMEL 40800，2M Flash，1M SRAM，4路 FF H1 接口(使用 SMAR FB3050)；使用 Nucleus RTOS。

转发功能的实现。当网桥某个端口收到 DLPDU 并且通过校验，如果该 DLPDU 包含一个或者多个显式数据链路地址(DL-Address)，且为网络标志全不为 0 的长格式地址，则提交给过滤函数进行过滤。如果 DLPDU 目的地址的网络标志包含在过滤数据库中，则进行转发。FF H1 网桥要求被转发的 DLPDU 类型为 DC(Disconnect connection, 断开连接), EC(Establish connection, 建立连接), DT(Data transfer, 数据传输)。

重发布功能的实现。为了实现跨网段的组态，网桥必须支持重发布功能，简单地说，网桥的某个端口在与之相连的网段上充当 subscriber(订阅者)，然后在其另一个端口充当 publisher(发布者)，将一个网段的 Information Report 报文从一个网段发布到另一个网段，就可以实现控制数据的跨网段流动。当网桥的某个端口充当 publisher 进行发布或者重发布时，需要在该网段的调度表中给此端口预留一个 CD(compel data, 强制数据 LAS 用 CD 来通知某个设备发送 Information Report 报文)入口。当收到的 DLPDU 经过去本地化操作的目的地址为一个本地的活动 DLCEP 地址，且本地有与该 DLC

EP 相关的 Publisher DLCEP 或者一个或多个 Subscriber DLCEP，则将该 DLPDU 提交给 BME 进行处理或者重发布。网桥的过滤和重发布功能如图 2 所示。

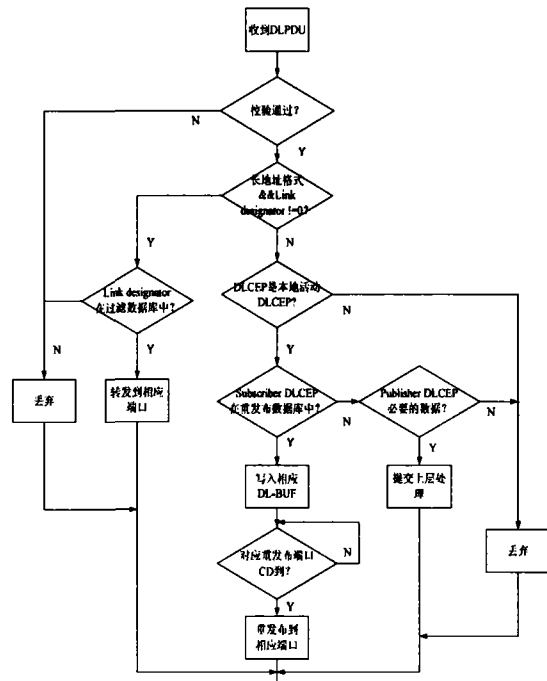


图2 过滤和转发

4 结论

网桥是现场总线成规模应用的核心器件之一，使用网桥或集成了网桥功能的 FF H1 设备才可能组建更大规模的基于 FF H1 的控制系统。本文根据讨论了网桥网络结构和拓扑结构，实现了 FF H1 网桥的全部功能，包括寻址、过滤、转发功能等。为扩展 FF H1 网络提供了很好的硬件支持，使得可控制的节点数目大幅增加。本论文的研究内容对于进一步促进基金会现场总线产业化和大规模应用有现实意义。

参考文献

[1] 阳宪惠.工业数据通信与控制网络[M].第一版.北京:清华大学出版社,2003.
 [2] Fieldbus Foundation.Foundation Specification: Data Link Protocol Specification Bridge Operation Addendum[Z]. Revision: 1.0.Fieldbus Foundation,2000.
 [3] Fieldbus Foundation.Foundation. Specification: System Architecture[Z]. Revision: 1.2. Fieldbus Foundation,2001.