

工业局域网中介质访问方式的对比介绍

袁铭蔚 曹 聪 同济大学电子信息学院信控系(200331)

Abstract

Field Bus technology becomes an important part of Industrial LAN, and a MAC protocol of a lower layers architecture affect the features of bus. This refer introduces the common media accessing style, and compares their features. Especially the difference of Polling, TDMA/FTDMA, CSMA/CR and CSMA/CD is described.

Keywords: industrial local area network, field bus, MAC protocol, Polling, CSMA/CR, CSMA/CD, TDMA/FTDMA

摘 要

本文阐述了工业局域网中存在的多种介质访问方式,对常用的介质访问方式进行对比分析,重点介绍了 Polling, TDMA/FTDMA, CSMA/CR 与 CSMA/CD 及其差别。

关键词: 工业局域网, 现场总线协议, MAC, Polling, CSMA/CR, CSMA/CD, TDMA/FTDMA

1 工业局域网的特点

工业局域网具有一般计算机局域网的特点,同时由于工业现场的环境特点及控制的要求,它又具有自身的特点,例如对于实时性、抗干扰性等有很高的要求。现场总线技术的出现是工业局域网发展过程中的一次飞跃,随着现场总线技术的快速发展,工业局域网呈现出各种各样的形式。

针对各种具体的工业现场,现场总线的连接方式以及控制方法有很大的不同,在选用总线时,我们需要对它们的性能有所了解,介质访问方式是其中的一个重要方面,其中介质访问方式与总线的性能紧密联系在一起。

2 工业总线中介质访问方式的分析对比

介质是指物理层中的传输介质,介质访问方式是一种信道共享技术,关系着信道的利用率。常见的介质访问方式有 polling, CSMA/CD, CSMA/CR, TDMA, 令牌环, 令牌总线等。下面对工业现场常见的几种总线协议的介质访问方式进行分析对比。

(1) Polling

polling (轮询)介质访问方式主要应用在主从式传输中,指定一个主机,多个从机,常用在拓扑结构的总线型结构。轮询方式是传统工业控制局域网中常用的介质访问方式,采用总线技术后,轮询方式仍得到广泛的应用。它的工作模式是:网络中有一个主节点和多个从节点,根据传递方式细分为轮叫轮询和传递轮询;数据传输时由主节点对从节点依次进行询问的称为轮叫轮询;数据传输时由主节点先对某一个节点 A 进行询问,而后是从结点 A 对从结点 B 进行询问,从节点 B 对从结点 C 进行询问……顺次下来询问一周,主动权回到主节点,这种轮询方式称为传递轮询。传递轮询的传输时延比轮叫轮询小,但是实现起来复杂,实际应

用中大多数情况下采用轮叫轮询。

轮询式介质访问方式在集中式的网络中应用较为广泛;在汽车行业中被各大制造商看好的 LIN 协议采用的就是轮询式的介质访问方式;PROFIBUS 协议主站之间采用令牌传送方式,而主站与从站之间采用轮询方式。轮询式介质访问方式技术实现起来非常简单,但是一旦主机产生故障,则整个系统将崩溃,不能应用在可靠性要求高的工业网中。

(2) CSMA/CD

CSMA/CD (Carrier Sense Multiple Access With Collision Detection 带冲突检测的载波监听多路访问), CSMA/CD 访问控制方式主要用于总线型和树型网络拓扑结构,基带传输系统。其工作模式是:一个节点只有在确认网络空闲之后才能发送信息。如果多个节点同时检测到网络空闲并发送信息,就会产生冲突。节点检测到冲突后,根据不同处理策略可分为非坚持,1 坚持, p 坚持等机制,在 p 坚持机制中采用某种算法(如截断二进制指数算法)来确定延时长短,延时结束后重复上述过程再试图发送。

CSMA/CD 的优点是原理比较简单,技术上较易实现,网络中各节点处于同等地位,不要集中控制,且不需要预先分配节点位置。缺点是这种方式不能提供优先级控制,各节点争用总线,冲突的产生具有很大的随机性,最坏情况下的响应延时不可确定,当负载增大时,发送信息的等待时间较长,不能满足远程控制所需要的确定延时和绝对可靠性的要求。这就决定了它只能用在实时性要求不高的工业场合。常见的应用在智能建筑的 Lonworks 就是采用 p 坚持 CSMA/CD 的介质访问方式。

(3) CSMA/CR

CSMA/CR (Carrier Sense Multiple Access/ Collision Resolution), 也是载波监听多路访问家族中的一员。CSMA/CR 访问控制方式主要用于总线型网络拓扑结构,基带传输系统。它的基本思想是:根据预先设定节点优先级,每个节点边发送边监听,当有多个节点同时发送消息时将产生冲突,这时总线进行位仲裁(如同“与”的关系),某一节点若发送了0,而有其它的节点发送了1则“与”的结果将是0,这时总线上为0,发送为0的节点将总线上的值与它发送的值比较后得知两者相等则继续发送,而发送为1的节点将总线上的值与它发送的值比较后得知两者不等,则说明它的优先级低,将退出发送。若某一时刻,有两个不同的节点发送的值相等,则继续进行比较,直到比较出不同的值时,决定出优先级,优先级低的节点退出总线争用,由发送节点转为接收节点。

CSMA/CR 的优点是技术上比较容易实现,具有冲突检测的功能,具有优先级决定的功能,保证了实时性。缺点是每次传输的消息数量较小。但是作为工业局域网,它本身的数据量不是很大的情况下,这不是问题。它与 CSMA/CD 相比较两者在检测到冲突后的处理方式不同,CSMA/CD 检测到了冲突,选择退避算法,随机产生了一个随机数,由这个随机数决定再次发送数据的时间,这就不能保证实时性。而 CSMA/CR 在检测到了冲突后,直接按优先级来决定由谁退出,谁继续传输,保证了实时性。

现在比较流行的 CAN 总线协议就是采用 CSMA/CR 的介质访问方式,CAN 网络采用多主方式工作,当网络空闲时网络中的任何节点都可发送数据,且一边发送数据一边比较总线上的数据位,在侦听到总线冲突时,按优先级来判断,应由谁来发送数据;CAN 总线采用“线与”判断,这样具有‘0’位的优先级比具有‘1’位的优先级要高,也即标识符小的帧具有高优先级。CAN 总线传输数据的具体判断过程如下:如果发送了隐性位‘1’,而这时监听到总线上为显性位‘0’,则证明有比此节点优先级高的节点在发送数据,此节点将退出发送,转而接收节点;如果发送了隐性位‘1’,而这时监听到总线上为‘1’,那么并不说明此节点的优先级高,而应继续比较下去,直到发送完毕。

(4)TDMA

TDMA (Time Division Multiple Access 时分多路介质访问方式)。TDMA 主要工作模式是:静态地将传输数据的周期分成若干个时间片,分给各个节点的时间片是确定的。每个节点通过时间片周期地利用总线的全部传输带宽,从而避免了总线冲突。该介质访问方式的前提条件是每个节点的局部参考时间与统一的

全局时间基准同步。在分布式控制系统里大多数的任务具有周期性,控制质量由频率、延迟、和控制信息的抖动决定的,具体应用时 TDMA 的时间片划分应满足上述要求。TDMA 能保证硬实时和最大的传输延迟,最小的带宽,但是因为 TDMA 静态地分配时间片,缺少灵活性,可能造成某些节点没有数据可发却占有一定的时间片,这些时间片不能被其它节点利用,且低负载下具有较大的访问延迟。FTDMA(Flexible TDMA)改进了 TDMA 机制,采用动态分配时间片且兼顾了消息的优先级,从而克服了上述缺点。应用在航天领域和汽车行业中的 ByteFlight 其通信介质为光纤,介质访问方式采用了 FTDMA 机制。在化工厂控制,航空控制和汽车、飞机、火车通信系统的介质访问方式大多采用改进的 FTDMA 和 TDMA 的结合方式。

综上所述可以得到如下表的比较:

介质访问方式	拓扑结构	冲突解决方式	优点	缺点	应用举例
Polling	总线型	不存在冲突	实现简单	可靠性较低	PROFIBUS LIN
CSMA/CD	总线型、树型	采用退避算法	原理简单,易于实现,分散控制较可靠	不提供优先级,冲突随机性大,实时性不高	LONWORKS
CSMA/CR	总线型	优先级仲裁	易实现,具有优先级,保证实时性	每次传输数据量较小	CAN
TDMA/FTDMA	总线型、星型或两者组合	不存在冲突	保证硬实时,保证最大延时,最小带宽	低负载时也有较大的延时	ByteFlight TTP/C

参考文献

- 1 Andreas Willing, A MAC Protocol and a Scheduling Approach as Elements of a Lower Layers Architecture in Wireless Industrial LANs, Technical University Berlin, Telecommunication Network Group, May 12, 1998
- 2 Byteflight, A New High Speed Data Bus System for Safety-related communication. <http://www.byteflight.com>
- 3 Echelon, LonWorks Engineering Bulletins, 1995
- 4 LIN Protocol Specification Revision 1.2
- 5 LIN BUS and its Potential for use in Distributed Multiplex Applications. SAE 2001 World Congress Detroit, Michigan, March 5~8, 2001
- 6 Takesue, K. et al. In-vehicle LAN, SAE-Australasia, July/August 1992
- 7 Gabriel Leen, Donal Heffernan and Alan Dunne, Digital Networks in the Automotive Vehicle http://www.ul.ie/~pei/pdf_files/tp16.pdf
- 8 Khaled A. Arisha, Monstafa A. Youssef and Mohamed F. Younis, Energy-Aware TDMA-Based MAC for Sensor Networks, IMPACCT 2002, May 2002
- 9 Robert Bosch GmbH, CAN Specification Version 2.0, 1991
- 10 Lars-Ake Johansson and Hanna Larsson, QWIK vs. CAN-efficiency comparison Qrtech AB, August 6, 1999
- 11 李桥梁, 刘静, 张晓峰, 等. 嵌入式系统中网络通信协议的选择, 计算机世界, 2001(5)
- 12 郭明宽. CAN 总线原理和应用系统设计, 北京航空航天大学出版社, 1996
- 13 谢希仁, 计算机网络(第二版), 电子工业出版社, 1999

[收稿日期: 2002.12.6]