

IEEE 1394 协议虚拟复合 MAC 工业现场总线研究

刘迟斌 郇极

(北京航空航天大学 机械工程及自动化学院, 北京 100083)

摘 要: 为解决一个总线回路中不同类型设备通信的性能和效率问题, 提出一种采用 IEEE 1394 总线协议和虚拟复合 MAC (Media Access Control) 的工业现场总线协议. 在 IEEE 1394 基本协议层的基础上设计虚拟 MAC 子层, 通过附加总线配置实现节点功能的区分, 利用等时数据传输和异步数据传输实现时分多址、仲裁、轮询、令牌等 MAC 方式的数据通信.

关键词: 协议; 介质访问控制; 时分多址; 现场总线

中图分类号: TP 336

文献标识码: A

文章编号: 1001-5965(2004)04-0301-04

Research on IEEE 1394-based virtual multi-MAC-supported fieldbus

Liu Chibin Huan Ji

(School of Mechanical Engineering and Automation, Beijing University of Aeronautics and Astronautics, Beijing 100083, China)

Abstract: In order to solve the performance and efficiency problem in a bus system with different types of devices, a new virtual multi-MAC (media access control)-supported industrial fieldbus protocol was presented based on IEEE 1394. A virtual MAC sublayer on the IEEE 1394 protocol layers was designed. An additional procedure was needed to configure nodes' MAC-functions. Using the isochronous and asynchronous channels the communication based on TDMA, arbitration, polling, and token-passing was supported.

Key words: protocol; media access control; time division multiple access; fieldbus

IEEE 1394, 又名 FireWire, 是 Apple 公司 1985 年提出的一种用于计算机多媒体通信的串行总线技术, 1995 年被 IEEE 批准成为标准 IEEE 1394-1995. 后来, 又在其基础上增加了被称为 1394a 和 1394b 的附加规范. IEEE 1394 总线系统具有非常突出的物理特性和协议特性. 将 IEEE 1394 用于工业领域, 可以产生出新型的性能优越的现场总线.

现场总线是应用在生产现场、在微机化测量控制设备之间实现双向串行多节点数字通信的系统^[1]. 介质访问控制 MAC (Media Access Control) 用来解决现场总线中同一时间多个设备争用传输介质的问题, 协调各个设备访问介质的顺序, 直接决定了通信系统的许多技术特性. 由于技术和历史的原因, 目前的现场总线系统中存在多种 MAC 方式, 分别适用于不同的工业设备. 通常情况下在一

个现场总线回路中只有一种 MAC 方式.

当一个总线回路中存在不同类型的设备时, 本文提出采用 IEEE 1394 协议和虚拟复合 MAC 的工业现场总线, 最佳满足多种类型设备混合系统的控制要求.

1 IEEE 1394 和 MAC

IEEE 1394 总线的基本特性是设计支持虚拟复合 MAC 的附加协议的技术基础.

在 IEEE 1394b 协议中, 传输介质、传输距离和传输速度的关系如表 1 所示. 德州仪器等公司提供了实现 IEEE 1394 各种基本协议的接口芯片组. 设计虚拟复合 MAC 的附加协议要在 IEEE 1394 基本协议层的基础上增加额外的协议层, 这样必然导致通信系统时间上的额外开销. IEEE 1394 的高速传输特性保证了这种额外时间开销

不会影响总线系统的性能,能满足工业应用的需要.

表1 IEEE 1394b 介质、节点间距和速度关系^[2]

介质	节点间距/m	速度/(Mbit·s ⁻¹)				
		100	200	400	800	1600
无屏蔽双绞	100	✓				
塑料光纤	50	✓	✓			
聚合光纤	100	✓	✓			
玻璃光纤	100			✓	✓	✓
屏蔽双绞	4.5			✓	✓	✓

IEEE 1394 采用载波侦听和根节点集中仲裁的基本 MAC 方式. 每一个申请总线介质访问的节点首先侦听总线, 当总线空闲时向根节点发送访问请求. 根节点批准一个节点的总线介质访问请求的同时通过发送信号禁止其它节点的总线访问(即通知其它节点“总线忙”状态). 如果 2 个节点同时申请总线介质访问, 根节点会根据自然优先级来赋予总线访问权限(距离根节点近的节点自然优先级高)^[3].

IEEE 1394 支持多主节点通信结构. 在总线上, 每一个节点都可以主动发起通信进程, 具有基本功能的节点都可以承担相应的总线任务(总线管理、等时资源管理等). 这样的结构使得 IEEE 1394 具有更大的灵活性.

IEEE 1394 最重要的一个协议特性就是同时支持 2 种通信方式: 等时通信和异步通信. 等时通信实质上就是周期通信, 通过一个由周期主节点定时发送的“周期开始包”标识进入一个通信周期. 异步通信能够在等时周期内保留的时间段上根据需要进行传输, 从而为具有突发特性的通信请求提供了方便的实现方式.

下面介绍几种重要的现场总线 MAC 方式:

轮询: 主节点定期轮询各个从节点, 以便显式分配从节点访问共享介质的权力.

仲裁: 总线上的一个特殊节点控制其它节点操作总线的权限. 任何一个希望获得总线操作的节点必须向仲裁节点提出申请. 当多个节点同时提出申请的时候, 仲裁节点将通过某种特殊的算法确定具体哪一个节点最终赢得访问权限.

时分多址(TDMA): 以周期通信为基本特点, 每个通信周期开始前, 主节点先广播一个帧同步信号以同步各从节点的时钟, 在帧同步信号之后, 每个从节点在各自所分配的时间片内发送数据.

令牌(token): 通过根据某个顺序在节点间传递一个特殊的数据标识(令牌)的方式来确定节点

访问总线的权限.

载波侦听多路访问(CSMA): 一个节点只有确认网络空闲之后才能发送信息. 如果多个节点几乎同时检测到网络空闲并发送信息, 则产生冲突. 不同的冲突处理方法(算法)产生了不同的 CSMA 方式.

以上 MAC 方式中, 轮询主要用于简单主从通信, 如开关信号、传感器信号; 仲裁用于非周期实时通信, 如总线桥, 人机交换单元等转接控制设备的数据传输; TDMA 用于周期实时通信, 如同步电机控制; 令牌用于复杂主从方式、多主方式通信, 如车间调度通信等.

2 现场总线设备特点

现场总线设备包括: 传感器、显示仪表、输入输出装置、转接控制装置、数字伺服装置、图像采集装置等等. 设备的通信性能要求主要包括: 数据传输方向、单次传输的数据量、周期时间以及同步特性等方面.

表 2 列出了不同现场总线设备的通信特性和参考 MAC 方式, 从中可以看出不同类别的现场总线设备作为现场总线上的通信节点, 具有不同的特点. 当前一个现场总线回路中只能采用某种特定的 MAC. 对于图 1 所示不同类型设备同时存在于一种现场总线回路的情况, 单一的 MAC 方式无法满足通信要求, 只有采用妥协的方法: 或者是通过总线桥构成多总线回路系统, 或者是总线浪费一些带宽来传输不必要的数据(如采用 SERCOS 总线传输 I/O 节点数据的情况).

表 2 现场总线设备与 MAC 方式

设备	通信性能要求				参考 MAC
	方向	数据	周期	同步	
传感器	入	小	几十毫秒	无	轮询
显示仪表	出	小	几百毫秒	无	轮询
输入输出	双	小	几十毫秒	有	轮询/令牌
转接控制	双	小	突发	无	仲裁/CSMA
数字伺服	双	小	几毫秒	有	TDMA/令牌
图像采集	入	大	非周期	无	TDMA/CSMA

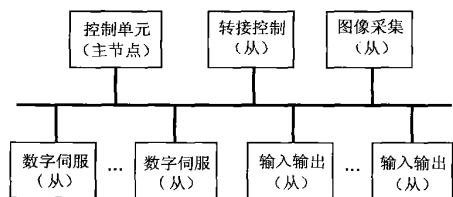


图 1 多种类型设备共存的现场总线回路

3 虚拟复合 MAC 方式实现

图 2 表示了本文提出的基于 IEEE 1394 支持虚拟复合 MAC 的总线设计方案: 在 IEEE 1394 基本协议层的基础上, 增加虚拟介质访问控制子层 VMAC(Virtual MAC), 利用 IEEE 1394 的带宽来获得对于复合 MAC 方式的支持。

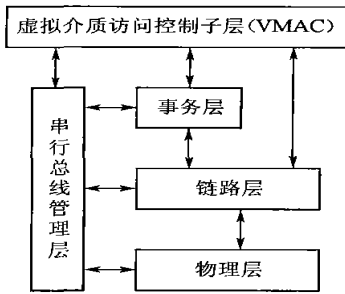


图 2 虚拟复合 MAC 的实现方案

3.1 节点类型及功能

总线系统在 VMAC 层上定义了 2 类节点: MAC 主节点 MM (MAC Master)和 MAC 从节点 MS (MAC Slave)。这里的主、从表示了作为 MAC 功能的不同。MM 负责总线系统 VMAC 层的配置、管理, 根据初始化的结果对总线访问进行调度。MS 负责根据节点的性质、总线的配置, 对总线进行访问, 或者响应总线上的请求。总线上可以有多个具有 MM 功能的候选节点 MMC (MM Candidate), 通过初始化过程可以确定唯一的一个 MMC 节点成为 MM 节点。

MM 是总线访问的管理和控制节点, 内部包括一个 MAC 资源管理器, 对 MAC 资源的分配进行控制。MAC 资源包括 2 大部分: 等时资源和异步资源。MM 具有的属性包括: 是否为应用主节点、是否支持 MM 功能 (MMC)、带宽占用、支持的 MAC 方式、不同 MAC 方式的相关特性等。MS 的属性相对简单, 例如一个 MS-TDMA 节点的属性数据结构为

```

struct MAC _ TDMA
{
    int nSpeed;           //通信速度
    int nCycle;           //周期时间
    int nTriggerOffset;  //触发时刻偏移
    long lByteNum;       //数据量
    ....
}MacTDMA;

```

需要说明的是, 在许多应用环境下都存在一

个应用主节点 AM (Application Master), 这个 AM 作为中央控制单元 (PLC, NC) 负责将应用任务相关的数据发送到从节点中, 一般来讲, AM 和 MM 是一致的。

3.2 初始化

图 3 描述了总线初始化的过程。MMC0, MMC1, MMC2 表示 3 个具有 MMC 的节点, MS0 表示一个单纯的 MS 节点。上电后首先进行节点初始化 (图中未标出), 设置基本变量属性。然后进行 IEEE 1394 标准配置过程, 包括: 总线初始化、树标识、自标识。这个过程由 IEEE 1394 规范定义。对于虚拟复合 MAC 支持的附加配置过程包括: ①所有 MMC 节点广播式发送 (希望成为 MM 节点的) 请求; ②获得 MM 权限的节点广播 MM 声明; ③所有其它节点 (请求失败的 MMC 和 MS 节点) 返回 MM 确认; ④MM 确认结束, MMC0 成为 MM; ⑤广播式发送 MM 认证结束通知; ⑥开始发送 MS 配置请求; ⑦开始响应 MS 配置请求; ⑧启动所有节点, 总线开始正常工作。这个过程称为 MM/MS 认证, 目的是, 在总线上所有能够执行 MM 功能的节点 (MMC 节点) 中确定一个节点担任 MM 角色并由 MM 节点对所有 MS 节点进行配置。MM 是整个总线 MAC 层的调度中心, 实现对虚拟复合 MAC 的支持。MM 确认的原则是, 节点号最大的 MMC 节点 (自然优先级最高, 即最靠近根节点) 最终成为 MM, 其它 MMC 节点和所有 MS 节点成为 MS。

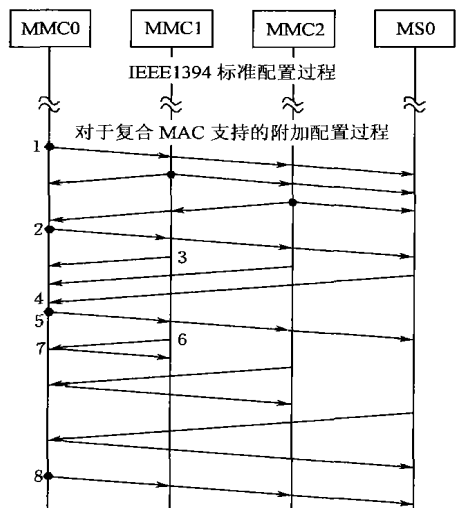


图 3 总线初始化

3.3 通信周期实例

实现对虚拟复合 MAC 方式的支持的关键是在总线 VMAC 层保证节点介质访问的时间确定性 (包括实时性、周期性、同步特性等)。其中, 周期通

信的要求引出基本周期时间的概念, 或者称为“周期分辨率”CR(Cycle Resolution). CR 是由 IEEE 1394 的等时周期决定的, 为 125 μ s, 若干个 CR 可以组合成逻辑通信周期. VMAC 可以满足周期时间等于 CR 或者 CR 整数倍(逻辑通信周期)的周期通信要求.

图4表示了对应图1情况采用虚拟复合 MAC 方式的总线基本周期通信过程. 首先由 MM 广播发送一个周期起始数据包 CSP(Cycle Start Packet), 通知所有 MS 节点, 总线通信进入新的周期. 接收到 CSP 后, 所有节点同步其内部时钟, 基本周期内的所有时间参数都以 CSP 为参考. T_1 时刻开始, 总线进入 TDMA 通信阶段. MM 节点首先发送 TDMA 数据(一般是广播方式). T_2 时刻开始, 各个 MS 根据配置顺序发送 TDMA 数据. 在 T_3 时刻, 所有节点同时执行各自动作(与高速 I/O 或数字伺服进行数据交换), 实现同步操作. T_4 时刻开始仲裁通信, 实现转接控制设备的通信. 仲裁 MAC 传输的数据是具有突发特性的实时数据. 产生状态突变的节点向 MM 节点提出请求, 在授权后进行数据传输. 当多个节点同时进行仲裁申请时, MM 根据预先定义的优先级进行通信授权. T_5 时刻开始通过轮询方式实现一般 I/O 设备的通信. 轮询过程由 MM 节点发起, 通过异步数据传输方式对相应的 MS 节点进行读/写操作. 在此 TDMA 通信对应 IEEE 1394 中的等时数据传输, 其它 MAC 通信对应 IEEE 1394 中的异步数据传输. 基

本通信周期中保证 TDMA 和至少一个仲裁过程和轮询过程的通信带宽. 在剩余带宽上可以根据需要进行轮询和令牌通信.

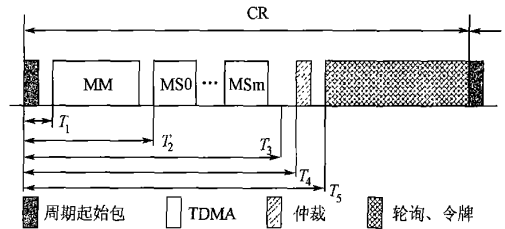


图4 基本通信周期实例

4 结 论

本文提出一种基于 IEEE 1394 协议, 支持虚拟复合 MAC 的新型工业现场总线技术, 解决了不同类型现场总线设备同时存在于一个现场总线回路时, 单一 MAC 无法满足通信要求的问题.

参考文献 (References)

- [1] 阳宪惠. 现场总线技术及其应用[M]. 北京: 清华大学出版社, 1999
Yang Xianhui. Fieldbus technology and its application[M]. Beijing: Tsinghua University Press, 1995(in Chinese)
- [2] IEEE 1394b, IEEE standard for a high performance serial bus-amendment 2[S]. 2002
- [3] IEEE 1394, IEEE standard for a high performance serial bus[S]. 1995