

一种硬实时综合业务以太网技术

樊 斌, 罗克露, 郭文生

(电子科技大学计算机科学与工程学院 成都 610054)

【摘要】为了能够在不改变现有以太网硬件设施的基础上给网络综合业务数据的传输提供保障,该文利用网络协议RISE,从理论和实践上研究了如何设计和构建一种具有硬实时、软实时和非实时数据混合传输能力的硬实时综合业务以太网技术。该技术能满足硬实时、软实时和非实时数据混合传输的要求。

关键词 实时以太网协议; 实时通信控制; 总线表; 硬实时综合业务以太网

中图分类号 TP393 文献标识码 A

A Hard-Real-Time Integrated Services Ethernet Technique

FAN Bin, LUO Ke-lu, GUO Wen-sheng

(School of Computer Science and Engineering, Univ. of Electron. Sci. & Tech. of China Chengdu 610054)

Abstract To realize the transfers of network integrated service data without any change of the current hardware establishment of Ethernet, this paper theoretically and practically introduces how to design and construct a hard-real-time integrated services Ethernet with the capability of transferring hard-real-time data, soft-real-time data and non real-time data on the basis of ourselves-designed network protocol RISE.

Key words RETHER; RTCC; bus table; hard-real-time integrated Services Ethernet

以太网(Ethernet)具有技术成熟、协议简单、快速、低耗且兼容性好等特点,但其所采用的是带冲突检测的载波侦听多路访问CSMA/CD协议,CSMA/CD协议能够检测到碰撞的发生。如果发生碰撞,则采用避免冲突的二进制指数回退机制,使得Ethernet不具有实时性^[1-2]。

文献[3]对IEEE802.4标准^[4]进行了深入研究,在现有以太网的基础上开发了具有软实时及非实时数据通信功能的REETHER协议。但该协议对硬实时的数据通信却很难保证。随着网络规模的扩大和网络应用的增加,人们希望得到更多的网络服务^[5],因而提出并实现了一种硬实时综合业务以太网(Hard-Real-Time Integrated Services Ethernet, RISE)的传输解决方案。

1 RISE混合传输通信技术

RISE是基于不改变现有以太网硬件设施而开发的一种通信系统。该系统通过模式仲裁器在RTCC模式^[6]与REETHER模式^[3]两者间相互交替工作,实现

硬实时、软实时、非实时数据混合传输。RISE系统包括主控站(MS)、监控站(Moni)和基本终端(BT)三类网络节点。RISE设计具有以下五大类功能。

1) 提供包括节点类型、节点功能、节点地址的初始化配置。

2) 基于以太网上的综合业务通信功能:(1)硬实时数据通信时,主控站顺序执行总线表,启动和控制消息传输,以此保证硬实时通信。用户使用编程接口,经RISE通信协议栈,在主控站管理控制下收发消息,获得硬实时通信保障。(2)软实时数据通信时,主控站通过调用总线表中的令牌传递消息构建令牌环,并确定令牌轮转时间和令牌保持时间,以控制软实时数据的传输。用户使用编程接口,经RISE通信协议栈,根据令牌的轮转时间获得软实时通信保障。(3)非实时数据通信时,主控站通过调用总线表中的令牌传递消息构建令牌环,非实时数据可根据令牌环机制进行传输。用户使用基于TCP/IP协议的编程接口,RISE通信协议栈识别出数据是TCP/IP协议发送的非实时数据后,根据令牌传输

收稿日期:2005-03-13

基金项目:四川省科技厅基础应用研究项目(03JY029-053-2)

作者简介:樊斌(1976-),男,硕士,主要从事实时网络通信技术及应用方面的研究;罗克露(1948-),女,教授,主要从事嵌入式实时系统及应用方面的研究;郭文生(1976-),男,博士,主要从事实时网络通信及技术及应用方面的研究。

机制传输数据。

3) 完善的网络传输监管机制,支持网络站点在线监控、统计、加入和退出。

4) 用户可选的配置、裁减功能,简单、易用的用户编程接口,自动生成总线调度表。

5) 完全满足健壮性、可维护性、可扩展性、可配置性设计指标。

2 RISE系统的网络拓扑结构及基本概念

系统的网络拓扑结构如图1所示。

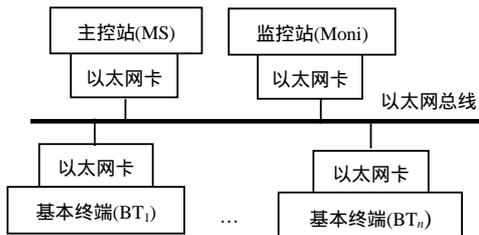


图1 RISE网络拓扑结构

(1) 主控站运行总线管理任务,用于启动消息传输、管理总线事务,顺序执行位于其上的总线调度表,控制总线的使用权,基本终端被动地收发数据、处理消息事务及进行相应的模式切换和令牌传递。

(2) 监控站是系统中指定接收且记录总线上传输的信息,并有选择地提取信息以备后用的终端。此外,监控站还具备冗余主控站的功能,当主控站出现故障时,监控站将接管主控站的控制权利,进行总线控制。

(3) 基本终端根据主控站的命令收发消息数据、处理消息事务、模式切换及令牌传递,并通过应答帧向主控站汇报本节点信息。

(4) RISE定义了硬实时命令帧、硬实时数据帧、硬实时应答帧、令牌帧和软实时与非实时数据帧,其帧格式如图2所示。硬实时命令帧只能由MS发往BT,用于命令BT发送数据以及探测节点、查询状态和模式切换等。硬实时数据帧用于进行数据传输,MS和BT都可以发送数据帧。硬实时应答帧只能由BT传给MS,用来响应MS的命令帧以及收到数据后的应答。在硬实时命令帧和硬实时应答帧中,命令参数和应答参数由RISE根据所传数据的类型设置,用于区分硬实时命令帧和硬实时应答帧的具体类型。令牌帧用于传输令牌。软实时和非实时数据帧用于传输软实时和非实时数据。网络中的所有节点都可以生成和传输这两种帧。



图2 RISE的帧格式

(5) 消息是RISE协议中硬实时传输和调度的基本单位。在RISE中,消息指包括命令帧、应答帧、数据帧和状态响应间隔在内的传输序列,一条消息的执行表明了指定帧序列的一次完整的数据传送过程。RISE使用了7种消息。消息按照传输方式可以分为点对点消息和广播消息两类,如图3所示。对于点对点消息,BT接到命令帧或数据帧后立即向MS发送应答帧,将BT当前状态信息(如数据接收是否正确、对命令的应答等)及时反馈给MS。而对于广播消息,BT(s)不回传应答帧,必要时可以由MS逐个进行查询。

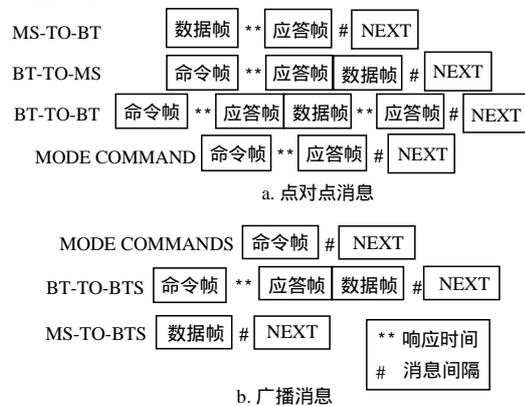


图3 消息传输方式

3 RISE媒体访问控制协议体系架构

RISE协议的主要功能是实现硬实时、软实时和非实时的数据传输,向上提供用户的编程接口;向下提供以太网硬件的编程接口。其网络协议的功能划分如图4所示。

(1) 网络协议接口层模块向上为用户提供数据发送和接收的接口,并且为协议管理器提供RISE协议管理的接口;向下负责调用令牌访问控制机和时

间驱动器,并负责接收接收器、令牌访问控制机及时间驱动机的数据。

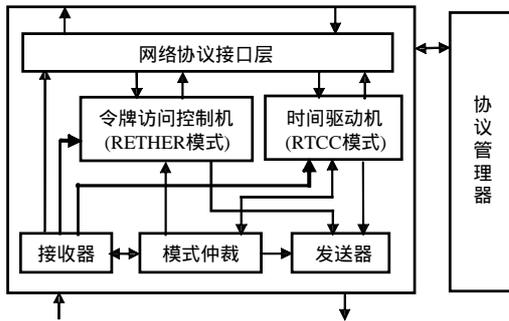


图4 RISE协议体系架构

(2) 令牌访问控制机模块负责RISE工作在REETHER模式时的数据传输,具有令牌生成、令牌环建立、令牌接收和发送、新节点加入令牌环、令牌环上节点退出令牌环、发送数据优先级管理、多令牌的检测、丢失令牌的恢复等功能。

(3) 时间驱动器模块负责RISE工作在RTCC模式时的数据传输。时间驱动器分为主控站上的时间驱动器和基本终端上的时间驱动器两类。主控站上,时间驱动器从上层接收总线调度表,按照调度表的时间顺序进行任务调度,并负责对总线表中的空闲时间进行计算,当总线表空闲时开始发起模式切换请求。基本终端上,时间驱动器只负责被动地等待主控站发出的接收和发送数据的命令,并进行相应的数据发送和接收操作。

(4) 模式仲裁器负责RISE协议的工作模式控制,从时间驱动器或接收器接收模式切换请求,根据请求进行相应的模式切换和配置。

(5) 接收器接收数据,并根据相应的工作模式进行帧格式的解装。

(6) 发送器根据相应的工作模式进行帧格式的封装,并发送数据。

4 RISE工作模式

RISE有REETHER和RTCC两种工作模式:(1) RTCC模式用于硬实时数据的传输,通过静态生成总线表的方式对实时的网络通信进行调度,对总线资源具有完全的控制权,故总线上传输的数据不会产生冲突,从而避免了指数回退机制,不支持现有的网络应用程序。(2) REETHER模式用于软实时和非实时的数据传输,是基于令牌传递的方式进行总线的控制,故也不会总线上产生冲突,从而保证了MS能够在一定的时限内获得总线控制权,保证实时数据的传输,支持现有的网络应用程序。

RISE工作模式转换如图5所示。在系统初始化时,RISE协议在RTCC模式下运行,REETHER协议处于挂起状态。RISE系统总线完全由主控站MS控制,若MS发现当前时刻总线表上没有需要通信的指令,处于空闲状态,则广播一个模式切换请求,模式仲裁器便启动定时器,并将RTCC模式下的主协议挂起,唤醒REETHER模式下的主协议,从而MS完成从RTCC模式到REETHER模式的转换。当MS在空闲状态要结束时,定时器到时,进入定时器中断服务程序,将REETHER主协议挂起,唤醒RTCC主协议,MS从而完成从REETHER模式到RTCC模式的转换。在BT上,初始化时RISE协议同样处在RTCC模式下工作,被动地接收来自MS的命令、广播,进行相应的处理。当被动地收到来自MS的模式切换请求广播时,模式仲裁器则启动定时器,并将RTCC模式下的主协议挂起,唤醒REETHER模式下的主协议,BT从而完成从RTCC模式到REETHER模式的转换。同理,定时器到时,进入定时器中断服务程序,挂起REETHER主协议,唤醒RTCC主协议,BT从而完成从REETHER模式到RTCC模式的转换。在MS由RTCC模式转换到REETHER模式之前,要计算出该空闲时刻到下一个总线表上通信指令之间的时间间隔,以便确定发出令牌的存活时间,保证在空闲时间结束时能够收回令牌。



图5 RISE工作模型转换

5 测试与分析

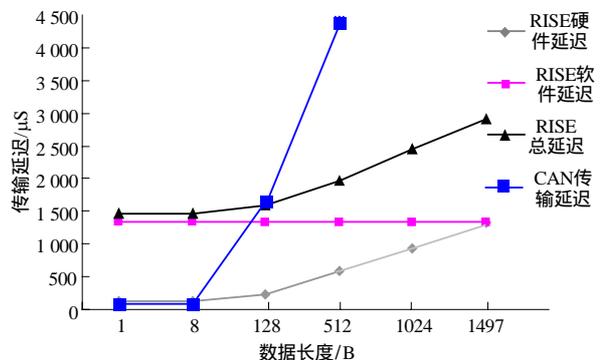


图6 RISE与CAN传输延迟比较

在测试中,以传输延迟最长的BT BT消息的随机数据传输为例,得出了硬实时综合业务以太网

RISE的传输延迟。该传输延迟与CAN总线的平均传输延迟时间以及数据长度之间的关系如图6所示。随着数据长度的增大,RISE的传输延迟增幅趋于缓慢,而CAN总线的传输延迟迅速增大。事实上,当传输数据大于127 B时,CAN的传输延迟已远高于RISE的传输延迟。因此,RISE满足大数据传输,具有较好的适用性。

6 结论

通过对RTCC协议与REther协议的改进,在建立起来的硬实时综合业务以太网RISE通信系统中,其总线上传输的数据完全不会产生冲突,并能根据模式仲裁器确定其工作在RTCC模式还是在REther模式,从而彻底满足了硬实时、软实时和非实时数据混合传输的要求。

参考文献

- [1] IEEE802.3-2002. Carrier sense multiple access with collision detection (CSMA/CD) access method and physical layer specifications[S]. 2002.
- [2] 曾家智,李毅超,韩蒙. 计算机网络[M]. 成都: 电子科技大学出版社, 2002.
- [3] VENKATRAMANI C, CHIUEH Tzi-cker. Design, implementation, and evaluation of a software-based real-time ethernet protocol[J]. ACM SIGCOMM Computer Communication Review, 1995, 25(4): 27-37.
- [4] ANSI/IEEE Std 802.4. Token-passing bus access method and physical layer specifications[S]. 1990.
- [5] ANSI/IEEE Std 802.9. Integrated services LAN interface at the medium access control and physical layers[S]. 1994.
- [6] 王志平,熊光泽. 一种基于Ethernet的硬实时通信协议[J]. 计算机研究与发展, 2000, 37(10): 1252-1258.

编辑 熊思亮

(上接第74页)

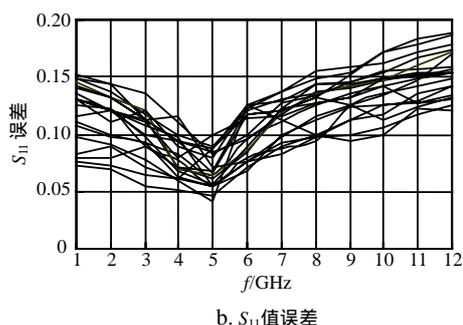


图6 增强模型和精确模型之间的 S 参数误差

4 结束语

空间映射方法结合电磁仿真准确性和电路仿真快速性,目的是用最少的高成本精确模型仿真次数获得满意的优化结果,是一种体现自适应学习过程的优化方法。该方法已经成功实践于LTCC无源电路设计和建模,在本质上加速了该类复杂电磁元件设计、优化过程。

参考文献

- [1] BANDLER J W, CHENG Q S, DAKROURY S A, et al. Space mapping: the state of the art[J]. IEEE Trans. MTT, 2004, 52: 337-361.
- [2] BANDLER J W, BIERNACKI R M, CHEN S H, et al. Space mapping technique for electromagnetic optimization [J]. IEEE Trans. MTT, 1994, 42: 2536-2544.
- [3] BANDLER J W, BIERNACKI R M, CHEN S H, et al. Electromagnetic optimization exploiting aggressive space mapping[J]. IEEE Trans. MTT, 1995, 43: 2874-2882.
- [4] BAKR M H, BANKLER J W, BIERNACKI R M, et al. A trust region aggressive space mapping algorithm for EM optimization[J]. IEEE Trans. MTT, 1998, 46: 2412-2425.
- [5] BAKR M H, BANKLER J W, GEORGIEVA N K, et al. A hybrid aggressive space-mapping algorithm for EM optimization [J]. IEEE Trans. MTT, 1999, 47: 2440-2449.
- [6] BAKR M H, BANDLER J W, ISMAIL M A, et al. Neural space-mapping optimization for EM-based design[J]. IEEE Trans. MTT, 48: 2307-2315.
- [7] BANDLER J W, CHENG Q S, NIKOLOVA N K, et al. Implicit space mapping optimization exploiting preassigned parameters[J]. IEEE Trans. MTT, 2004, 52: 378-385.

编辑 孙晓丹