

引用格式:田嘉,王伟,史平彦. 一种 CCSDS Proximity-1 协议下全双工/半双工及单工的融合实现方法[J]. 微电子学与计算机,2020,37(6):66-69. [TIAN J, WANG W, SHI P Y. The full duplex / half duplex and simplex merging method based on CCSDS Proximity-1 protocol[J]. Microelectronics & Computer, 2020, 37(6): 66-69.]

一种 CCSDS Proximity-1 协议下全双工/半双工及单工的融合实现方法

田 嘉,王 伟,史平彦

(中国空间技术研究院 西安分院,陕西 西安 710100)

摘 要: 针对深空探测任务中对产品小型化及低功耗的需求,各功能间的融合及模块的复用成为深空探测类产品设计中不可或缺的一环. 本文提出了一种 CCSDS Proximity-1 协议下全双工/半双工及单工的融合实现方法,该方法通过将全双工模式、半双工模式及单工模式中的流式处理部分及特定功能部分从主框架中剥离,并进行融合设计,形成通用的 VHDL 结构;将其余调度控制部分集成在 FPGA 中的 MicroBlaze 结构中. 通用的 VHDL 结构意味着资源配置最优,而 MicroBlaze 结构因其灵活性,可实现对不同模式的灵活切换. 本方法将应用到下一代火星探测临近空间链路收发信机中,通过采用仅有 1 片 V5 的开发板,实现结果表明,CCSDS Proximity-1 协议下的全双工、半双工及单工功能性能正常,且资源的消耗量仅为 5% ALMs, 6% DSP 和 8% RAM.

关键词: CCSDS; Proximity-1 协议; 融合设计

中图分类号: V11

文献标识码: A

文章编号: 1000-7180(2020)06-0066-04

The full duplex / half duplex and simplex merging method based on CCSDS Proximity-1 protocol

TIAN Jia, WANG Wei, SHI Ping-yan

(China Academy of Space Technology(Xi'an), Xi'an, 710100, China)

Abstract: In order to satisfy the miniaturization and low power consumption demand of deep space mission, the multi functions and multi modules multiplexing techniques are indispensable. This paper presents the full duplex / half duplex and simplex merging method based on CCSDS proximity-1 protocol, which strips the flowing processing parts and special function parts from the main architecture, merges them together and forms the global VHDL part. As for the other control and management parts, they are integrated in MicroBlaze architecture of FPGA. The global VHDL part means the resource arrangement is optimal, and all kinds of modes could be changed flexibly because of the MicroBlaze architecture. This method will be used in the proximity transceiver of next generation. By using the conception product which embeds 1 Xilinx VIRTEX5 chip, real test result shows that the presented method performs well and the resources needed are 5% ALMs, 6% DSP and 8% RAM.

Key words: CCSDS; Proximity-1 protocol; Merging Design

1 引言

在深空探测任务中,由于通信距离远,地面的遥控指令有较大时延,而且因为和地球可见弧段时间

有限,不能实时控制,因此主要依靠环绕器和着陆器之间的自适应通信,CCSDS Proximity-1 协议给出了环绕器和着陆器在临近空间之间的 3 种通信模式,分别全双工通信模式、半双工通信模式和单工通

信模式^[1-2].

考虑到深空任务中对产品小型化和低功耗的要求,着陆器和环绕器一般仅支持 1-2 种的工作模式,如奥德赛 MER CE-505UHF 收发系统仅支持全双工工作通信模式,MRO 环绕器中的 Electra-lite 仅支持半双工通信模式,更多的任务仅支持单工通信模式^[3-4].

本文提出了一种 CCSDS Proximity-1 协议下全双工/半双工及单工的融合实现方法,其可以使用有限的资源实现 3 种协议中要求的通信模式,实测结果表明,该方法资源消耗小且性能优异.

2 三种通信模式介绍

(1)全双工通信模式

全双工通信模式包括的功能包括:Hail 的发起与响应、LNMD 及 RNMD 结束机制、速率自适应切换机制、ARQ 调度机制、SET VR 控制方式及状态

自适应恢复处理机制^[5-6]. 模式框图如图 1 所示.

(2)半双工通信模式

相较于全双工通信模式,半双工通信模式主要应用于对功率要求更加严苛的场景中^[7],其主要工作模式包括:Hail 的发起与响应、LNMD 及 RNMD 结束机制、ARQ 机制及 TOKEN 处理机制^[8]. 模式框图如图 2 所示,其中 Hail 的发起与响应机制、ARQ 机制和 LNMD/RNMD 结束机制同全双工相同,以下主要介绍半双工特有工作模式.

TOKEN 处理机制:若当前状态为发射操作,则在发送序列发送完毕后将 TOKEN 指令及帧尾加入发送序列,确认发出后将发射机关机,发射关机的顺序为先关闭 DA,再关闭功放. 若当前状态为接收操作,则当接收到对方的 TOKEN 指令或本地接收端载波同步长期失锁时,将发射机开启,发射机开机的顺序为先开功放,再开 DA.

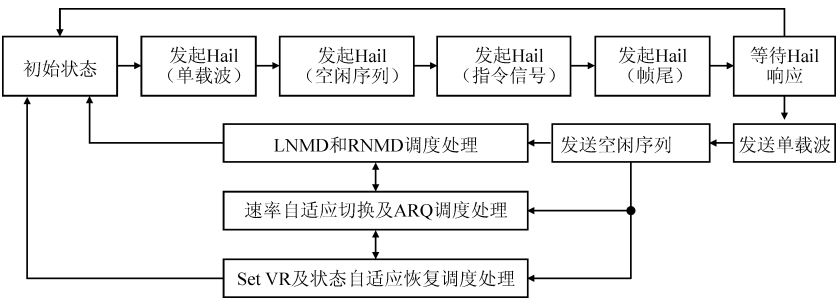


图 1 全双工通信模式

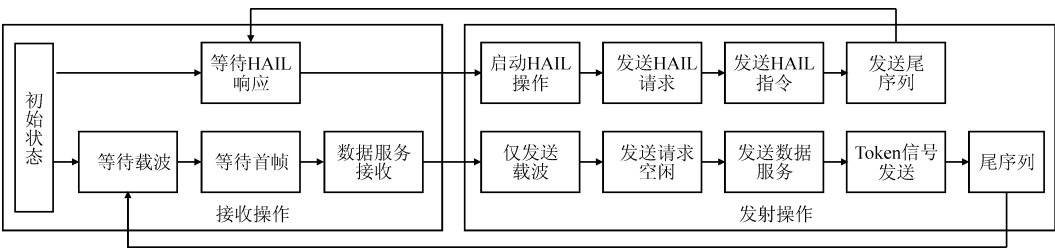


图 2 半双工通信模式

(3)单工通信模式

对于单工通信模式,通信双方只能处于发送模式,或只能是接收模式^[9]. 通信的开始和结束均通过本地指令进行控制. 单工状态中,数据发送前需发送 1s 单载波及若干引导序列,保证接收端不丢失数据,模式框图如图 3 所示.

按照 CCSDS Proximity-1 的要求,物理层共有 4 个通信信道,其中信道 1 为 Hail 信道,信道 0、信道 2 和信道 3 为业务信道. 编码方式包括卷积编码、LDPC 编码、Turbo 编码及曼彻斯特编码,其中卷积

编码为必选项,LDPC 编码、Turbo 编码和曼彻斯特编码为可选项. 调制方式包括 PM 调制、BPSK 调制及 QPSK 调制,由于深空任务中频率资源比较富裕,不会存在类似近地通信中的干扰问题,因此调制方式可优选 PM 调制,相对于 BPSK 和 QPSK,PM 调制方式因为频谱中心的残留载波,可使得在极弱信号条件下的载波捕获和跟踪更加容易,但是因为 Manchester 编码,在相同信息速率条件下,PM 调制信号的频谱更宽.

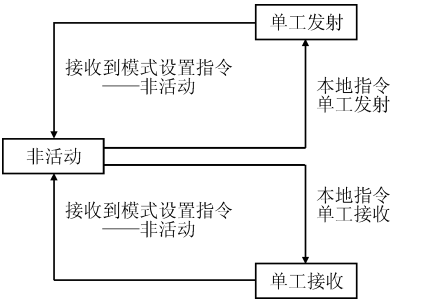


图 3 单工通信模式

3 全双工/半双工/单工融合设计方法

本方法将全双工模式、半双工模式及单工模式中的流式处理部分及特定功能部分从主框架中剥离,并进行融合设计,形成通用的 VHDL (Very-High-Speed Integrated Circuit Hardware Description Language) 结构;将其余调度控制部分集成在 FPGA(Field-Programmable Gate Array) 中的 MicroBlaze 结构中,以下将结合 Hail 的发起与响应、LNMD 及 RNMD 结束机制、速率自适应切换机制、ARQ 调度机制、SET VR 控制方式、状态自适应恢复处理机制及 Token 处理机制进行说明。

Hail 的发起与响应:本机制中的流式处理内容包括 Hail 的发起部分和发送 Hail Response 部分,其余都是根据载波锁定指示和位同步锁定指示切换协议状态的控制部分,Hail 的发起部分流程由发送单信标、空闲序列、SPDU 和 Tail 序列组成,若一次 Hail 不成功,则周期性的发起。发送 Hail Response 流程由发送单载波、空闲序列和 PLCW(0)组成,待对方确认接收到 Hail Response 信号且业务端载波和位同步锁定,则本流程退出。具体操作如图 4 所示。

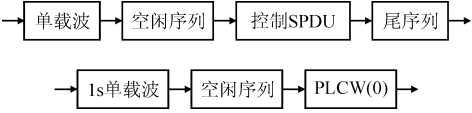


图 4 Hail 发起和发送 Hail Response 流程

速率自适应切换处理机制:本机制中主要的处理内容包括在不同速率下信号的发送和自适应切换速率的判决,其中,后者适合 MicroBlaze 完成,前者可通过流式处理实现,且实现的架构同 Hail 发起与响应类似,因此这 2 个进程的 VHDL 部分可以合并,不同速率下信号的发送流程如图 5 所示。

LNMD/RNMD 结束机制与 SET VR 处理机制:LNMD/RNMD 结束机制包括 RNMD 信号的接收、LNMD 信号的发送及当前状态的结束控制。

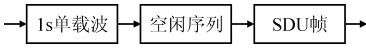


图 5 不同速率下信号的发送

SET VR 处理机制包括 SET VR 指令的发送与接收及 VR 值的生成机制。其中 2 者的流式处理部分是为 RNMD 信号的接收与 LNMD 信号的发送及 SET VR 指令的发送与接收,因此可以融合设计(VHDL 实现),将其余功能在 MicroBlaze 中实现。

状态自适应恢复及 Token 处理机制:此 2 种机制主要的处理内容包括发射及接收状态间的切换,因此可以合并,使用 VHDL 实现。

基于上述的分析,CCSDS Proximity-1 协议全双工/半双工/单工融合设计方法如图 6 所示,在单工模式下,可通过 MicroBlaze 同物理层的直连实现。

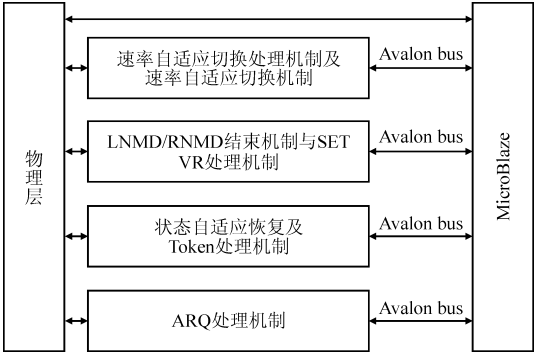


图 6 CCSDS Proximity-1 协议全双工/半双工/单工融合设计方法

4 实测结果

通过采用仅有 1 片 VIRTEX5 的开发板,实测结果表明本方法工作正常,可满足 CCSDS Proximity-1 全双工/半双工/单工通信模式的各项要求,并且资源的消耗量仅为 5% ALMs, 6% DSP 和 8% RAM。

5 结束语

对于深空探测任务中对产品小型化及低功耗的需求,本文利用 FPGA 中通用的 VHDL 结构和高灵活性的 MicroBlaze 结构实现了 CCSDS Proximity-1 全双工、半双工及单工通信模式的融合设计,大幅降低了资源消耗,实测结果表明 CCSDS Proximity-1 协议中的各项功能性能均工作正常。

参考文献:

[1] BLOMMESTIJN R, LANGE J, TAYLOR C, et al.

Proximity-1. Simulating the CCSDS Proximity-1 protocol for ExoMars [C]//Jason T, Data systems; DA-SIA 2009 Data Systems in Aerospace, Istanbul: Data systems publication, 2009: 213-245.

[2] WANG J, WANG C H, WU H, et al. Parameter Optimization of ARQ System based on Proximity-1 Protocol [C]//WANG Z T, The research of management, computer and medicine: Proceedings of the 2016 7th international conference on education, management, computer and medicine, Shenyang: Springer, 2016: 24-27.

[3] CCSDS, 211. 0-B-5, Proximity-1 space link protocol - Data link layer [S], Washington DC: CCSDS Secretariat, 2013.

[4] CCSDS, 211. 0-B-5, Proximity-1 space link protocol - Code and Synchronization sub-layer [S], Washington DC: CCSDS Secretariat, 2013.

[5] CAPUANO V, BOTTERON C, TIAN J, et al. GNSS to Reach the Moon [C]//Jake R, IAC: 65th International Astronautical Congress, Toronto: IAF publication, 2014:55-61.

[6] TIAN J, WANG Y, WANG W, et al. Cross-Band Aided Acquisition on HEO Orbit [C]// Jake R, IAC: 65th International Astronautical Congress, Toronto: IAF publication, 2014:121-130.

[7] TIAN J, WANG W, WANG D, et al. GPS CA code cross correlation mitigation technique for HEO orbit acquisition [C]// Jake R, IAC: 66th International Astronautical Congress, Jerusalem: IAF publication, 2015: 54-62.

[8] TIAN J, WANG W, WANG D, et al. Whole MTO orbit acquisition method based on FPGA resource restricted platform [C]// Jake R, IAC: 66th International Astronautical Congress, Jerusalem: IAF publication, 2015: 33-41.

[9] CCSDS, 211. 0-B-5, CCSDS Proximity-1 space link protocol - Physical layer [S], Washington DC: CCSDS Secretariat, 2013.

作者简介:

田 嘉 男,(1987-),硕士,高级工程师.研究方向为空间通信与导航技术.E-mail:jia_epfl_tian@163.com

王 伟 男,(1970-),硕士,研究员.研究方向为空间通信与导航技术.

史平彦 男,(1964-),硕士,研究员.研究方向为导航与遥感技术.

(上接第 65 页)

[2] 陆冬.基于 GA-Elman 神经网络的网络态势预测模型研究[D].杭州:浙江大学,2017.

[3] 陈维鹏,敖志刚,郭杰,等.基于改进的 BP 神经网络的网络空间态势感知系统安全评估[J].计算机科学,2018,45(S2):335-337+341.

[4] 张任川,张玉臣,刘璟,等.应用改进卷积神经网络的网络安全态势预测方法[J].计算机工程与应用,2019,55(6):86-93.

[5] 钱兆楼.一种基于改进粒子群算法优化 BP 神经网络的预测方法[J].电子测试,2015(20):39-40.

[6] 赵伟.基于 SOA-SVM 的网络入侵检测方法研究[J].自动化与仪器仪表,2015(1):39-42.

[7] RUMELHART D E, HINTON G E, WILLIAMS R J. Learning representations by back-propagating errors [J]. Nature,1986, 323(3):533-536.

[8] 张连强,王东风.基于改进人群搜索算法的 PID 参数优化[J].计算机工程与设计,2016, 37(12): 3389-3393.

[9] 高学金,付龙晓,武翠霞,等.基于 ISOA 的 LS-SVM 地铁站空调系统能耗预测模型[J].计算机与现代化,2018(10):36-43.

作者简介:

张 然 女,(1973-),博士,副教授.研究方向为网络信息安全.E-mail:ranranzh@sina.com

刘 敏 女,(1995-),硕士研究生.研究方向为网络信息安全.

张启坤 男,(1980-),博士,副教授.研究方向为信息安全.

甘 勇 男,(1965-),博士,教授.研究方向为网络信息安全.