

文章编号: 1001-893X(2011)09-0083-04

多速率异步复接技术在宽带数据链中的应用*

侯昌磊

(中国西南电子技术研究所, 成都 610036)

摘要:针对宽带数据链多业务传输的需求,提出了一种多速率异步复接技术,能有效地将视频、音频以及网络等不同速率数据进行复接。描述了多速率异步复接技术的层次结构,介绍了采用 FPGA 的实现方法,分析了采用此方案的实现效率,最后给出了仿真结果。该技术已在实际系统中应用,满足宽带数据链的使用要求,实现效率达 97.2% 以上。

关键词:宽带数据链;多速率异步复接;视频数据;语音数据

中图分类号: TN919.5 **文献标识码:** A doi: 10.3969/j.issn.1001-893x.2011.09.017

Application of Multi-rate Asynchronous Multiplexing Technology in Broad Band Datalink

HOU Chang-lei

(Southwest China Institute of Electronic Technology, Chengdu 610036, China)

Abstract: A multi-rate asynchronous multiplexing technology is proposed to meet the demand of mixed-service transmission of broad band datalink. With the technology, video, voice and other network data with different rate can be multiplexed efficiently. The hierarchy of multi-rate asynchronous multiplexing is described in detail, realization with FPGA is introduced, and the efficiency of this scheme is analysed. Finally, the simulation result is illustrated. This method has been successfully applied in engineering and meets the requirement of broad band datalink. The multiplexing efficiency is over 97.2%.

Key words: broad band datalink; multi-rate asynchronous multiplexing; video data; audio data

1 引言

随着宽带数据链技术的发展,通信的带宽越来越宽,带宽资源越来越宝贵,在同一信道上能传输的业务种类也越来越多。美军装备的通用宽带数据链(TCDL)最高传输速率可达 274 Mbit/s,传输的业务包括视频、语音以及异步网络数据等,其中视频数据速率是固定的,异步网络数据是突发随机产生的,语音数据速率是固定的但产生时机却是突发的,且视频、语音、异步网络数据速率相差较大。如果没有有效的机制,视频信号的传输就会被语音信号阻断,语音信号的时延也会令人无法忍受,同时信道资源也会产生很大的浪费。

复接技术是解决多业务在同一信道传输的有效途径。传统的复接技术可以分为同步复接技术和异步复接技术两类。同步复接效率不高,但实现相对简单,适用于数据速率相同的应用;异步复接的效率较高,但实现难度较大,适用于数据速率相差较大的应用。本文根据宽带数据链的典型应用,为能最有效地利用信道带宽,提高通信效率,提出了多速率异步复接技术来实现宽带数据链多业务的传输。

2 宽带数据链特点和应用需求

宽带数据链多用于情报侦察与监视系统,具备上下行两条链路,下行链路为高速链路,将空中平台侦察到的 SAR 图像、雷达数据、视频以及语音等信

* 收稿日期: 2011-06-03; 修回日期: 2011-08-27

息实时传输到地面;上行链路为低速高可靠链路,主要传输地面指控命令以及语音信息。由于下行链路所要传输的业务较多,因此需要宽带、高速通道,外军 TCDL 上行链路传输速率为200 bit/s,下行链路传输速率为 10.71 ~ 274 Mbit/s。对于10.71 Mbit/s带宽来说,可以传输一路8 Mbit/s高清晰视频、两路32 kbit/s语音数据以及一路异步突发以太网数据。

3 多速率异步复接技术

从业务上来分,复接业务可划分为实时业务和非实时业务两类,实时业务对通信时延有较高的要求,通常允许在传输中存在一定的误码,例如视频和音频;非实时业务对传输延时的要求较低,但是通常要求无误码传输,如以太网数据。从实现来分,复接可以分为变长帧和定长帧两类,变长帧能对多种业务流进行灵活复接,具有较高的复接效率,但实现较为复杂;定长帧也能对多种业务流进行复接,相对来说复接效率稍低,但实现相对简单。针对宽带数据链的特定应用,视频数据传输为主要业务,且数据量较大,因此采用定帧长复接更合适,且复接效率相对变帧长复接来说也几乎没有差别。

多速率异步复接的层次结构如图 1 所示。适配层接收来自上层的数据,称为适配层服务数据单元(AL-SDU),在适配层,根据不同的业务内容和要求,对 AL-SDU 分别进行处理,对于要求无误码传输的网络数据增加校验字节(CRC)等控制信息;对于视频数据等实时数据,适配层不做处理;上述两类数据生成适配层协议数据单元(AL-PDU)送入复接层。AL-PDU 被送到复接层,称为复接层服务数据单元(MUX-SDU),在复接层, MUX-SDU 按照复接控制字合成数据帧,并加入同步标记成为复接层协议数据单元(MUX-PDU)。复接层协议数据单元被序贯地发送到物理层,物理层加上帧同步头标示后,经宽带数据链路向外发送。

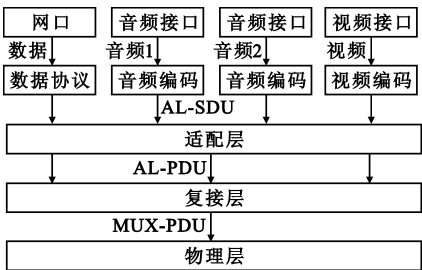


图 1 复接层次结构
Fig.1 Multiplexing hierarchy

3.1 适配层处理

适配层根据数据的非实时性和实时性,也分为非实时数据适配层处理和实时数据适配层处理。非实时数据对于通信的延迟要求不大,但对传输的可靠性要求较高,因此需要进行 CRC 校验,形成 AL-PDU,格式如图 2 所示。

数据来源标识	应答标识	报文类型
分段标识	分段长度	
分段序号		
原始包序号		
预留		
DATA($N - 7$ byte)		
CRC 校验		
CRC 校验		

图 2 非实时数据 AL-PDU 格式
Fig.2 Format of nonrealtime data AL-PDU

实时数据对于通信延迟要求较高,对允许传输中存在误码,因此对这部分数据不需要进行 ARQ 处理,只是简单进行分段即可,形成固定大小 AL-PDU(N 字节)。

3.2 复接层

复接层主要功能是标明复接帧中各路数据的来源情况,便于解复接时数据恢复,在复接层要生成复接表,如图 3 所示,长为 m 字节,实际长度根据组包大小调整,复接表需要可靠传输,因此需要 CRC 校验。

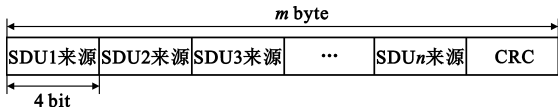


图 3 复接表格式
Fig.3 Format of multiplexing table

表中各字段值用于说明形成的复接帧(MUX-PDU)中各路数据(MUX-SDU)的来源:“0001”表示数据来源于音频数据 1;“0010”表示数据来源于音频数据 2;“0011”表示数据来源于视频数据;“0100”表示数据来源于网络数据;“0000”表示该数据为填充数据。

3.3 复接物理层

复接后的数据帧格式如图 4 所示,帧头标志

“1ACFFC1D”用于表示复接帧的开始。消息数据是复接后的视频数据、音频数据、网络数据或填充数据,其长度为 n 个 MUX-SDU。若复接后的数据不足,则剩余数据在 SDU 域以‘0’进行填充,并在复接表中进行标示。

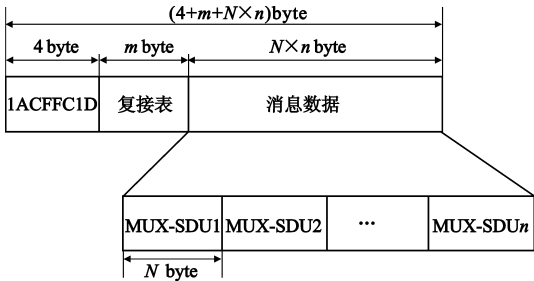


图 4 复接物理帧格式
Fig.4 Format of multiplexing physical frame

4 复接的 FPGA 实现及效率分析

4.1 复接的 FPGA 实现

复接采用大规模 FPGA 实现,如图 5 所示,由于视频、音频及网络数据到达速率是有差别的,因此在进行复接时先要对各路数据进行缓存和速率匹配。FPGA 的内置 FIFO 完全可以满足该要求,每路数据输入对应一个深度为 $2N$ 字节的 FIFO。在复接时,如果某个 FIFO 中数据长度至少达到一个 AL-PDU 的大小,则发出读请求信号, FIFO 读控制模块根据接收到的请求信号的优先级,并按控制字的要求从 FIFO 中读取数据,并将其存入双口 RAM 中进行组帧;如果没有任何请求信号,则等待数据准备好;如果需要复接的 PDU 总长超过复接帧的最大长度(n 个 PDU 长度),则按照规定的优先级进行复接,复接的优先级从高到低依次为:音频数据 1、音频数据 2、视频数据、异步网络数据。另外,在只有音频数据没有其它数据的情况下,为保证语音的延时不大于 t (听力容忍范围),音频数据在等待小于 t 时就要及时传输,此时音频的数据量若不能填满 MUX-PDU 包,则采用填充数据将 MUX-PDU 包填满。复接过程中为最大程度地减小处理延时,将读取 FIFO、适配层处理、组帧处理等采用 80 MHz 高速时钟,这样相对于数据缓存来说,处理延时几乎可以忽略,保证了视频、音频数据流的畅通。

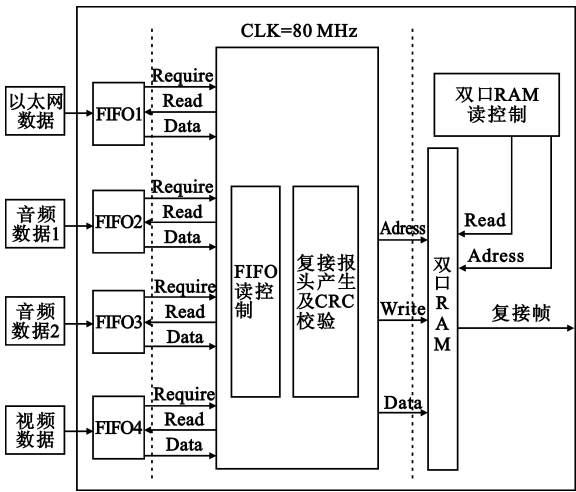


图 5 复接 FPGA 实现
Fig.5 Realization of multiplexing by FPGA

4.2 复接效率分析

影响多速率异步复接效率的主要因素是 AL-PDU 长度 N 、MUX-PDU 的长度 $N \times n$ 、视频数据和音频数据的速率以及语音最大延时 t 。正常情况下,视频数据为 8 Mbit/s 的连续信号,语音数据为两路 32 kbit/s 的突发信号,网络数据则是突发随机的。一般情况下,人的听觉能容忍的最大延时为 50 ms,考虑到传输延时 0.7 ms (200 km 通信距离),以及其它处理延时 8 ms,取 $t = 44.3$ ms。在 44.3 ms 内假设语音以 1:1 的比例产生,则每路语音能累计的数据量约为 88 byte,视频数据为 44 300 byte。可取: $N = 88, n = 50$,由此可推算 $m = 30$,整个物理复接帧长度为 4 434 byte。复接效率可用以下公式表示:

$$\eta = \frac{\text{有效数据}}{\text{总帧长}} \tag{1}$$

根据实际应用中数据来源情况,可以按照下面 3 种典型状态分析。

(1) 只有两路音频,没有其它数据,此时为保证音频数据的畅通无延时,有效数据将只有两个音频的 AL-PDU 包,其它全为填充无效数据,则:

$$\eta = \frac{\text{有效数据}}{\text{总帧长}} = \frac{88 \times 2}{4434} \approx 4\% \tag{2}$$

(2) 只有两路音频和以太网突发数据包,没有视频数据,此时复接效率的大小完全取决于以太网的吞吐量和数据包的大小,按照百兆以太网速率 90 Mbit/s 的速率,每包 3 800 byte,则:

$$\eta = \frac{\text{有效数据}}{\text{总帧长}} = \frac{88 \times 2 + 88 \times 43}{4434} \approx 89.3\% \tag{3}$$

(3)只有一路音频数据,以及视频和以太网数据包,此时数据基本为满负荷状态,数据将以视频流为主,以太网数据则在视频流的空档进行传输,则:

$$\eta = \frac{\text{有效数据}}{\text{总帧长}} = \frac{88 \times 1 + 88 \times 48}{4434} \approx 97.2\% \quad (4)$$

上述第一种情况为极端情况并不常用,复接效率最低,但保证了音频数据的低延时;第三种情况为正常使用状态,此时复接效率达到约 97.2%,若两路音频都有数据,则复接效率更高。这几种情况均经过实际系统验证,既保证了语音的实时性,又保证了视频的连续性,同时还保证了网络数据的准确性,而且达到了信道的最高利用率。

4.3 复接仿真

FPGA 实现代码采用 ISE10.1,仿真采用 ISE10.1 本身附带工具 Test Bench Wavform 实现。参数设置为 4.2 节分析后的结果,即取 $N = 88, n = 50, m = 30$ 。复接仿真图如图 6 所示,其中 muxclk 为复接主时钟;rest 为复位信号,高复位,低有效;etd 为输入以太网数据;vid 为输入视频数据;voc1 为输入语音数据 1;voc2 为输入语音数据 2;muxdd 为输出复接后数据。图 6 模拟两路语音数据、一路视频数据以及一路以太网数据全状态工作时的情况,由图可以看出该方法可以有效地将以上数据进行复接,且复接效率约为 98.1%。

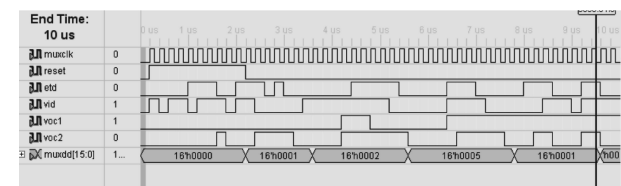


图 6 复接仿真
Fig.6 Simulation of multiplexing

根据实际应用,在解调端采用 FPGA 实现了解复接,并进行仿真,如图 7 所示,其中 demxclk 为解复接主时钟;rest 为复位信号,高复位,低有效;demuxd 为模拟输入数据,为能检验解复接有效性,将数据设为与图 6 复接数据 muxdd 一样;etd 为输出以太网数据;vid 为输出视频数据;voc1 为输出语音数据 1;voc2 为输出语音数据 2。由图 7 可以看出,解复接后的几路数据完全与调制端复接前数据一致,从而验证了复接和解复接的正确性。

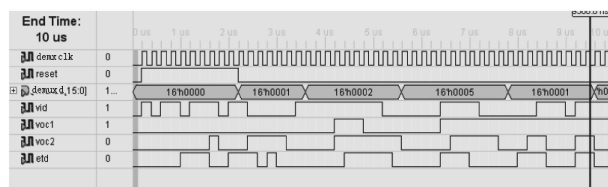


图 7 解复接仿真
Fig.7 Simulation of demultiplexing

5 结束语

本文介绍了宽带数据链的典型应用,并根据其传输业务的需求提出了多速率异步复接技术方案。文中详细描述了采用 FPGA 实现的方法,对实现效率进行了分析,并给出了仿真结果,仿真结果表明该方法能有效实现以太网数据、视频数据、语音数据的复接和解复接,且实现效率与实际分析结果一致。该技术已在实际系统中应用,能满足宽带数据链的使用要求,且实现效率高达 97.2% 以上,值得推广应用。

参考文献:

[1] 孙玉.数字复接技术[M].北京:人民邮电出版社,1998:133-155.
SUN Yu. Digitalmultiplexing Technology [M]. Beijing: People's Posts and Telecomm Press,1998:133-155.(in Chinese)
[2] 王朝辉,郑建生,艾勇,等.用 FPGA 实现异步信号和同步信号的复接[J].微电子学与计算机,2004,21(6):123-125.
WANG Zhao-hui,ZHENG Jian-sheng,AI Yong,et al. The multiplex of synchronous signal and asynchronous signal Implemented by FPGA[J]. Microelectronics & Computer,2004,21(6):123-125. (in Chinese)
[3] 郝建强.八路异步数据统计复接器设计[J].电讯技术,2000,40(6):72-74.
HAO Jian-qiang. Designing an 8-port Multiplexer for Asynchronous Data [J]. Telecommunication Engineering, 2000,40(6):72-74. (in Chinese)
[4] Nachouki G, Quafafou M. Multi data source fusion[J]. Information Fusion, 2008,9(4):523-537.
[5] Abdullah M K, Mahdiraji G A, Elhag M F. A new duty cyclebased digital multiplexing technique[C]// Proceedings of 2007 IEEE International Conference on Telecommunications. Zagreb, Croatia: IEEE,2007:526-530.
[6] Park C H, Yoo S M, Chooand H, et al. Multi-user data multiplexing fordigital multimedia broadcasting[J]. Computer Communications,2006,29(18):3970-3975.

作者简介:

侯昌磊(1977—),男,安徽临泉人,硕士,工程师,主要从事通信数据链领域信号处理工作。
HOU Chang-lei was born in Linquan, Anhui Province, in 1977. He is now an engineer with the M. S. degree. His research concerns signal processing for communication datalink.
Email: china_hcl@sina.com