

基于 FC 的航电数字视频传输技术研究

王红春

(中国航空工业第六三一研究所, 陕西 西安 710068)

摘要: 光纤通道音视频协议(FC-AV)定义了视频信息在光纤通道 FC 网络传输方法, 为视频设备之间互连提供一种接口标准, 代表航电系统视频信息传输技术的发展趋势。深入研究光纤通道音视频协议的基本原理, 基于 FPGA 实现视频信息采集、容器系统的组织、FC 数据帧的组织封装以及显示容器系统显示控制等关键技术, 研制一套硬件接口模块, 构建一个视频传输网络, 验证了基于光纤通道传输图像信息方法, 解决图像信息远距离的难题, 为航空电子应用光纤通道传输图像信息奠定了基础。

关键词: 光纤通道; 光纤通道音视频协议; FC 帧头控制协议

中图分类号: TN915

文献标识码: A

文章编号: 1673-629X(2010)05-0250-04

Research on Digital Video Transfer Technique of Fibre Channel in Avionics Environment

WANG Hong-chun

(Aeronautical Computing Technique Research Institute, Xi'an 710068, China)

Abstract: FC-AV protocol represents the trend of avionic system audio and video information transmission technology, which defines a method to transmit audio and video information in the fiber channel network, and provides a link standard of the interface between the audio and video devices. Deeply research the basic principle of FC-AV protocol. On the basis of FPGA, it realizes the audio and video information collection, container system organization, FC frame capsulation and container system display control technologies. Realizes a suite of hardware interface module, with which organizes a video transmission network. It verifies the video information transmission method based on fiber channel, and solves the problem of long distance transmission. It is the basis for avionics application fiber channel video transmission information technology.

Key words: fibre channel; FC-AV; FHCP

0 引言

数据总线作为航空电子系统的“骨架”和“神经”, 对航空电子系统起着至关重要的作用, 随着系统综合化程度的提高, 数据总线的性能和系统结构都在发生着深刻的变化。以 JSF 为代表的军用飞机航电系统选用光纤通道 FC^[1,2]作为航电统一系统总线, 减少了接口、连接器、传输介质、测试仪器和设备的种类, 取消了协议之间的转换, 提高了通信效率, 降低了软件/硬件的开发和系统维护的成本。

光纤通道音视频协议^[3](FC-AV)提供视频信息在 FC 网络的传输方法, 为视频设备之间互连提供一种接口标准。FC-AV 传输协议与当前 DVI^[4]、

PAL^[5]等视频总线相比具有很大的优势, 基于 FC-AV 能够实现视频总线与航电总线^[6]的融合统一, 多种协议的融合, 简化系统设计难度。FC-AV 视频传输技术代表未来航电系统^[6]高速视频信息传输技术的发展趋势。

1 容器系统

FC-AV 容器系统是 FC-AV 中最基本的概念, 它将需要传输 AV 数据流中每一帧视频信息定义为一个容器, 容器包括视频、音频和辅助数据信息。容器系统规定: 一个 AV 流有一系列的容器组成, 每个容器包括容器头和一组对象, 容器头包括对象类型和数据在对象中具体的位置。容器的组成如图 1 所示。

AVDB 容器头采用 FC-AV 中定义固定长度的简单模式, 容器头的长度为 22 字, 每个字可构成一个 32 位的传输字。其中前 6 个字为容器信息块(CIB),

收稿日期: 2009-08-25; 修回日期: 2009-11-18

基金项目: 总装备部预研项目(G24130102)

作者简介: 王红春(1977-), 男, 湖北仙桃人, 硕士研究生, 工程师, 主要从事计算机网络和机载光纤通信技术的研究所。

包括容器计数、视频编号、容器时标、操作模式、对象数目等信息。后面 16 个字分成 4 组,每组为一个对象的相关信息,包括对象的分类、大小、偏移地址和类型。AVDB 容器头的定义见表 1。

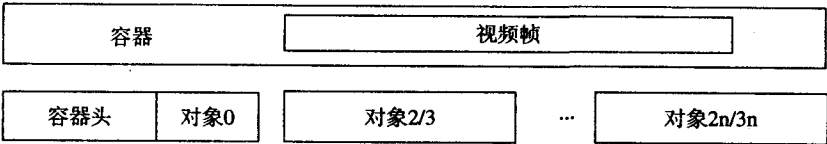


图 1 容器的组成

表 1 AVDB 容器头的定义

| 字 | 标识 | 字节 0 | 字节 1 | 字节 2 | 字节 3 |
|----|---------|----------|------|--------------------------|-------|
| 0 | 容器计数 | 容器计数值 | | | |
| 1 | 视频标识 | 视频编号 | | | |
| 2 | 容器时标 | 容器时标值 | | | |
| 3 | | | | | |
| 4 | 传输类型 | 帧速率 | 传输速率 | 保留 | 保留 |
| 5 | 容器类型 | 模式 | 对象数 | 保留 | 扩展头大小 |
| 6 | 对象 0 分类 | 辅助数据 | 连接指针 | 简单参数索引 SPDV | |
| 7 | 对象 0 大小 | 长度(字节数) | | | |
| 8 | 对象 0 偏移 | 偏移量(字节数) | | | |
| 9 | 对象 0 类型 | 类型标号 | | | |
| 10 | 对象 1 分类 | 音频数据 | 连接指针 | 简单参数索引 SPDV | |
| 11 | 对象 1 大小 | 长度(字节数) | | | |
| 12 | 对象 1 偏移 | 偏移量(字节数) | | | |
| 13 | 对象 1 类型 | 类型标号 | | | |
| 14 | 对象 2 分类 | 视频数据 | 连接指针 | 简单参数索引 SPDV ₂ | |
| 15 | 对象 2 大小 | 长度(字节数) | | | |
| 16 | 对象 2 偏移 | 偏移量(字节数) | | | |
| 17 | 对象 2 类型 | 类型标号 | | | |
| 18 | 对象 3 分类 | 视频数据 | 连接指针 | 简单参数索引 SPDV | |
| 19 | 对象 3 大小 | 长度(字节数) | | | |
| 20 | 对象 3 偏移 | 偏移量(字节数) | | | |
| 21 | 对象 3 类型 | 类型标号 | | | |

其中对象 0 为辅助数据,表示视频的大小、刷新方式等辅助信息;对象 1 为音频数据;对象 2 和对象 3 为视频数据。对象信息不能交叉传输,必须按照顺序发送每个对象的信息,只有发送完一个对象的数据才能发送后一个对象的数据。在实际视频信息组织中,对象 1 一般不使用,对象 3 仅用于传输叠加的视频信息。容器中不使用每个对象时,在容器头中将对象大小设置为 0。

容器系统提供了利用对象分类和索引确定对象内容的机制。容器中每个对象的对象分类字的类型和索引字段表示对象类型。类型字段把对象进行粗分类,索引字段把对象进行细分类。每个类型字段代表一种数据格式表。索引字段提供进入该表的索引。这样就可通过这些表确定对象的数据格式。这样的分类系统无需传输复杂的协议就可确定对象的内容。

2 传输协议

FC-AV 协议是基于光纤通道上实现的高层协议,光纤通道协议分为五个标准层:FC-0(物理链路层)、FC-1(编码/解码层)、FC-2(帧协议/流控策略)、FC-3(通用服务)和 FC-4(高层协议映射)。如图 2 所示。

FC-0 层定义了 FC 的物理链路,包括传输介质、传输速率和网络拓扑结构等,支持多种物理介质连接,包括单模光纤、多模光纤、铜缆等,FC 提供 1Gbps、2Gbps、4Gbps 等传输速率。

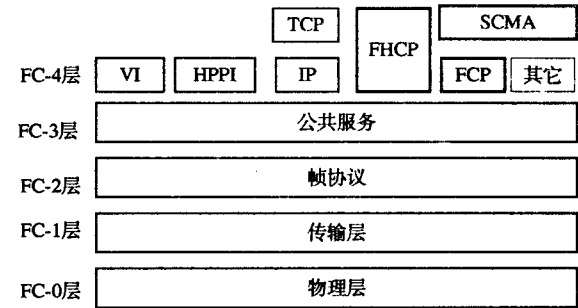


图 2 FC 协议层次结构

FC-1 层是信号编码和解码层,规定了 8b/10b 的编码/解码方式,包括串行编码、解码规则、特殊字符和错误控制。8b/10b 传输编码保证电流平衡,满足长距离的串行传输。

FC-2 层定义了数据帧传输机制,负责将数据从网络发送出去所必需的一些操作。其中包括:

- (1)如何将上层传送来的数据流分割,加入校验、帧头、帧尾等数据,打包成帧,使其具有完整的帧结构,然后传给下一层处理;
- (2)一次传输中应该发送多少数据帧(流量控制策略);
- (3)数据目标寻址;
- (4)同时 FC-2 层还规定了传输服务的类型。

FC-3 层是 FC 协议的通用服务层,提供高级特性的公共服务,如名称服务和时钟服务。

FC-4 层是 FC 协议的高层协议映射层,定义了各种高层协议如何运行于光纤通道上。

FC-AV 协议是基于 FC-4 层为视频数据块提供了高效的传输手段,可采用两种实现方式:简单内容移动结构(SCMA)和 FC 帧头控制协议(FHCP)。

2.1 SCMA 传输协议

简单内容移动架构 SCMA 是针对视频节目的播放、编辑和后期制作等目的而设计的两个站点间内容移动的一种方法,由两层组成:内容移动层和内容传输层。

内容移动层规定了不考虑下层传输时,客户机和服务器间进行通信的简单全双工流动协议。

内容传输层把内容移动层映射到一个或多个传输层协议进行传输。SCMA 采用 SCSI-3 FCP 协议的映射进行视频信息的传输。简单流动协议提供两种操作:模式播放模式和录制模式。简单流动协议包括以下过程:

- 1) 流建立播放模式、录制模式;
- 2) 流销毁;
- 3) 流操作播放、录制、停止、暂停、恢复;
- 4) 操作通知;
- 5) 内容移动事物;
- 6) 简单流数据格式。

2.2 FHCP 传输协议

FHCP 是一种低开销传输协议, FCHP 直接利用 FC-2 层传输服务, 提供低延迟、高效的数据传输, 支持启动、停止、放映、暂停、继续的视频操作, 可用于点到点、仲裁环及交换网等拓扑结构, 支持各类服务, 它适用于航电系统中视频传感器数据的传输和显示。

3 FC-AV 传输验证系统的设计

3.1 视频网络的设计

在航电系统中, 要求能够把视频传感器采集的视频数据通过交换机采用 FC-AV 协议进行传输, 视频接收方是一组显示器, 接收到数据后按照流方式进行实时显示。采用多个视频源和多个显示器构建的视频网络构型如图 3 所示。

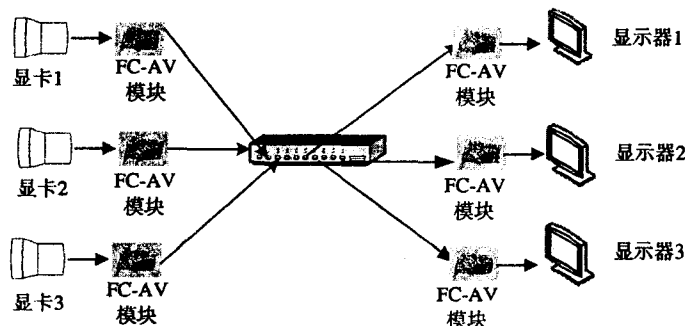


图 3 视频网络构型

3.2 FC-AV 通信模块设计

传感器和显示器通过专用的 FC-AV 通用接口连接到视频网络中, FC 通信模块负责 FC-AV 协议的处理, 提供专用 LVDS 接口与显示器或传感器连接。FC-AV 通信模块由 Xilinx VirtexII 系列的 FPGA^[7] 芯片、存储器和光电收发器等基本组成。FPGA 实现

LVDS 接口逻辑、FC-AV 协议处理逻辑以及 FC-MAC 等功能, 外部存储器主要用于缓冲视频数据帧, 光电收发器实现光电转换。FC-AV 通信模块的功能结构图如图 4 所示。

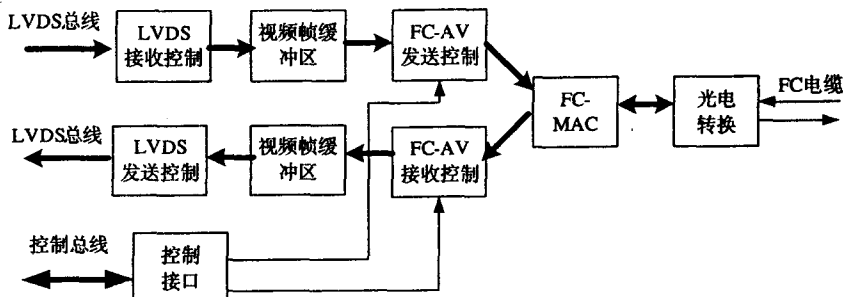


图 4 FC-AV 通信接口功能结构图

通过控制接口配置图像分辨率、图像的需要发送到的目标地址等信息, 使能通信接口, FC-AV 通信模块可开始图像数据的接收和发送处理。

视频图像的发送过程: 传感器图像数据信息通过 LVDS 提交 FC-AV 通信模块的 LVDS 接收处理, LVDS 接收负责将图像数据保存到视频缓冲区, 当接收完成一个完整视频数据块后, 通知 FC-AV 发送控制逻辑处理。FC-AV 发送控制逻辑负责将视频数据块按照 FC-AV 协议标准中定义, 将数据块封装成 FC 数据帧, 提供 FC-MAC 发送。FC-MAC 负责将数据帧发送到 FC 网络上去。

视频图像的接收过程: FC-MAC 收到数据帧后, 提供 FC-AV 接收控制逻辑处理, 接收控制逻辑负责按照 FC-AV 协议标准将 FC 数据帧组织成一个数据块放入到接收缓冲区, LVDS 发送控制负责将收到视频数据块通过 LVDS 提交给显示单元。

3.3 FC-AV 映射关系

FC-AV 的目的就是通过传输视频数据建立一种标准接口。其关键就是如何把对象数据转换为 FC 传输字。FC-AV 通过容器系统传输视频帧。每个视频流中的每个数据帧对应一个容器, 一个容器采用一个 FC 的序列进行传输, FC 提供相应的机制保证容器的有序到达和数据内容完整性。序列由多个数据域小于 2112 字节的 FC 数据帧组成, 视频图像的像素数据包括在 FC 帧的数据区域。其中, 第一帧包含容器头和表示视频行数、列数、颜色、亮度等辅助数据的对象, 第 2 帧为对象中的第一个数据, 依次类推(如图 5 所示)。

下面举例说明如何传输分辨率为 1024×768 的 XGA 高精度的视频信息。视频中的每个视频帧先被封装成一个容器, 如考虑到仅用于视频图像传输, 容器头只需包括容器头、对象 0 和对象 2。视频中的每一

行包括 3072 个字节,一个 FC 帧数据域最大为 2112 字节,在实际传输过程,容器头和对象 0 作为 FC 序列中的第一个数据帧进行发送,对象 2 需要使用 $768 \times 2 = 1536$ 个数据帧进行传输,每半行的数据封装成一个 FC 数据帧,一个数据帧传输 1536 个字节。FC-AV 数据帧格式的定义如表 2 所示。

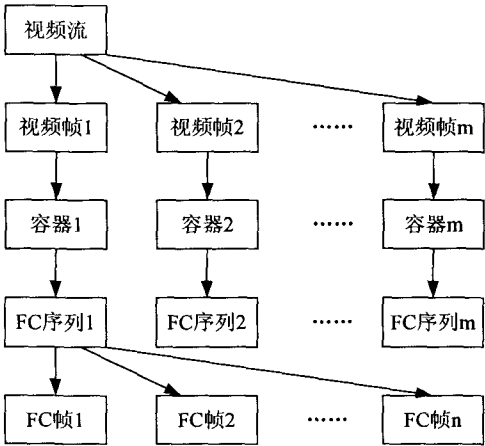


图 5 AV 数据流到 FC 的映射关系

4 结束语

FC-AV 规定了视频传输的通用要求。文中在深入分析 FC-AV 工作原理的基础上,基于 FPGA 实现视频信息采集、容器系统的组织、FC 数据帧的组织封装以及显示容器系统显示控制等关键技术,验证了基于光纤通道传输图像信息方法,解决图像信息远距离的难题,为航空电子应用光纤通道传输图像信息奠定了基础。

参考文献:

[1] Fibre Channel Framing and Signaling(FC-FS)[M]. US: American National Standards Institute,2003.
[2] Fibre Channel Framing and Signaling-2(FC-FS)[M]. US:

表 2 FC-AV 帧格式

| Word | Identifier | Byte 0 | Byte 1 | Byte 2 | Byte 3 |
|---------|--------------|-------------------------------------|---|--------------------------|--------------------------|
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| xx | Idle | K28.5 | D21.4 | D21.5 | D21.5 |
| 0 | SOFi/n | K28.5 | D21.5 | D23.x | D23.X |
| 1 | Frame Header | 0100 0100 (R-CTL) | 0000 0000 (Dest-ID) | 0000 0000 (Dest-ID) | xxxx xxxx (Dest-ID) |
| 2 | Frame Header | 0000 0000 (Reserved) (CS-CTL) | 0000 0000 (Source-ID) | 0000 0000 (Source-ID) | xxxx xxxx (Source-ID) |
| 3 | Frame Header | 0110 0001 61h=ADVB | 0011 w000(bit 19=END-SEQ) (F-CTL) | 0000 000x (F-CTL) | 0000 x0xx (F-CTL) |
| 4 | Frame Header | xxxx xxxx (SEQ-ID) | 0000 0000 (DF-CTL) | xxxx xxxx (SEQ-CNT) | xxxx xxxx (SEQ-CNT) |
| 5 | Frame Header | 1111 1111 (OX-ID) | 1111 1111 (OX-ID) | 1111 1111 (RX-ID) | 1111 1111 (RX-ID) |
| 6 | Frame Header | xxxx xxxx (Parameter) | xxxx xxxx (Parameter) | xxxx xxxx (Parameter) | xxxx xxxx (Parameter) |
| 7 to N* | Payload&Fill | Data | Data | Data | Data |
| N+1 | CRC | Data | Data | Data | Data |
| N+2 | EOFn/t | K28.5 | D21.x | D21.x | D21.x |

American National Standards Institute,2006.
[3] T11/Project 1237-D/1.71: Information Technology Fibre Channel-Audio Video(FC-AV)[S]. US: American National Standards Institute,2001.
[4] 张万方,刘金岭,DVI 在视频显示领域中的应用[J]. 电脑知识与技术,2009(5):1217-1218.
[5] 杨慧贞,程永强,张博.基于 FPGA 的 PAL-VGA 转换器的实现[J]. 科技情报开发与经济,2007(4):224-225.
[6] 林强,雄华钢,张其善. 光纤通道综述[J]. 计算机应用研究,2006,23(2):9-13.
[7] 徐欣,于红旗,易凡,等. 基于 FPGA 的嵌入式系统设计[M]. 北京:机械工业出版社,2005.

《计算机技术与发展》投稿要求

- (1)新投稿可通过 Email 发至本刊电子信箱:ctad@vip.163.com。投稿前请作者自审一遍,论文要求主题突出、用语规范、层次清楚、结构严谨、文字精练、文理通顺、逻辑性强。
- (2)论文题目不超过 20 个汉字。
- (3)作者姓名及作者所在单位部门、城市、邮政编码(多位作者不在同一单位应分别开列)。
- (4)摘要须从目的、方法、结果、结论 4 个方面阐述,200 字以上。
- (5)关键词 3~8 个为宜。
- (6)一(5)项内容必须中、英文具备。

- (6)作者简介:姓名、出生年、性别、学位、研究方向;导师简介:姓名、职称、研究方向。
- (7)参考文献至少有 12 个,其中期刊不少于 6 篇、外文文献不少于 3 篇。
- (8)若是中国计算机学会(CCF)会员(高级会员、普通会员、学生会会员),请注明会员号(凡第一作者为 CCF 会员,将享受 85 折的版面费优惠)。
- (9)投稿时请写明详细通信地址、邮政编码、联系电话、Email 信箱等。稿件经初审通过后,40 天内以电子邮件的方式通知作者处理意见。稿件刊登后赠送样刊 2 本。