

# 全高清车载乘客信息系统平台研制

林 锥 王立德 周洁琼 王保华

(北京交通大学电气工程学院 北京 100044)

**摘 要** 针对全高清车载乘客信息系统设计与实现中的编解码、总线接口和带宽等相关问题进行讨论,着重对比分析在司机室服务器采用 VDPAU 进行编解码的优势,以及在客室采用 DM368 嵌入式编解码带来的性能提高。讨论总线传输接口中传统 VGA 传输方式在全高清车载 PIS 系统环境下带来的相应问题,并提出采用以太网和 DVI 的接口而不再使用分屏器的有效解决方案。针对不同编码格式下的视频带宽,给出实验测试结果。

**关键词** 地铁;车载;乘客信息系统;全高清;编解码;带宽

**中图分类号** U231.7      **文献标志码** A

**文章编号** 1672-6073(2013)01-0100-04

## 1 全高清车载乘客信息系统

乘客信息系统 (passenger information system, PIS) 是在地铁里为乘客提供各类资讯的服务系统,不仅在车厢内提供乘车须知、列车时刻表等文本信息,还可以播放股票信息、媒体新闻、赛事直播、广告等实时动态信息,是一个集地铁运营信息服务、多媒体实时资讯发布、广播电视节目制作与播出、地铁电视监控、地铁设备监控于一体的综合服务平台<sup>[1]</sup>。随着乘客服务水平的提高和多媒体技术的发展,全高清的车载系统已被提上日程。全高清是指 1080P 的显示格式,指分辨率为 1 920 × 1 080, P 表示为逐行扫描 (progressive scan)。全高清监控系统的显示不仅给乘客提供高质量的画面、高级的视听享受,而且具有信息量大、视觉直观、报警精确度高的优点;在火灾、恐怖袭击等紧急情况下,能提供更为详细的信息,具有极高的安全保障能力。

因此,全高清的车载 PIS 系统问世后,受到用户和乘客的欢迎,成为今后发展的趋势。

目前,国内相对先进的车载 PIS 是北京地铁 4 号线用的产品,其中显示系统 (passenger information display system, PIDS) 的分辨率最高是 720P, 视频监控系统 (closed circuit television, CCTV) 采用 CIF (352 × 288) 格式,而国际上的车载 PIS 已经采取全高清的显示。从我国轨道交通事业发展需求出发,笔者以中央高校基本科研业务基金支持项目为基础,同青岛四方股份车辆厂合作,开展了全高清车载乘客信息系统关键技术的研究,经过刻苦攻关,掌握了全高清系统的关键核心技术。

## 2 全高清 PIS 系统平台研制

### 2.1 整体概述

车载 PIS 是 PIS 的列车车载部分,主要功能见图 1 ~ 图 2<sup>[1-3]</sup>。车载 PIS 可以分为乘客信息显示系统、列车广播和列车视频监控系统。

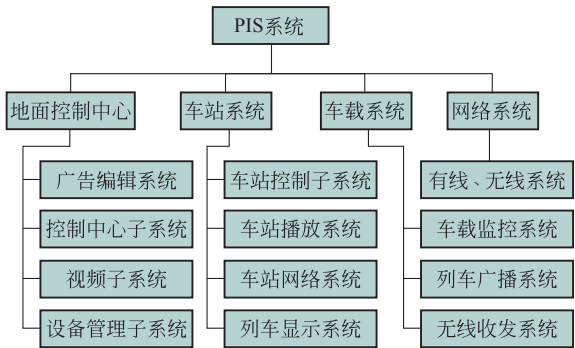


图 1 PIS 系统结构

- 1) 乘客信息显示系统:通过客室内安装的 LCD 彩色图文显示器和 LED 车站地图闪光显示屏,提供给乘客高质量的视频信息和必要的旅行换乘信息。
- 2) 列车广播:提供司机室对讲、司机对客室广播、司机与乘客的对话、无线电广播、报警广播等功能。

收稿日期:2012-02-08    修回日期:2012-12-24

作者简介:林锥,男,博士研究生,从事网络传输和图像识别技术研究,06117299@bjtu.edu.cn

王立德,男,教授,博士生导师

基金项目:中央高校基本科研业务项目(2009YJS001)

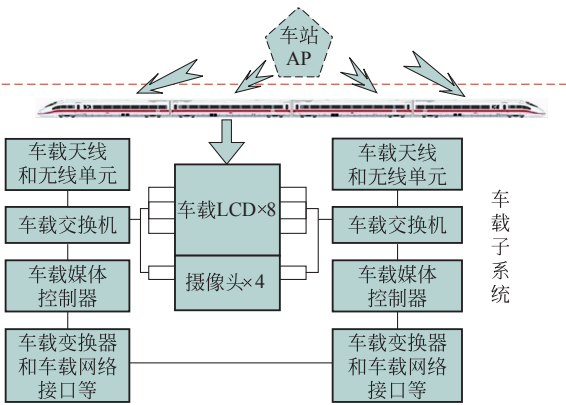


图2 车载PIS系统

3) 列车视频监控系统<sup>[4]</sup>: 提供客室和司机室实时视频显示、视频录像存储以及设备管理、外部连接、与地面进行无线对接的功能。

笔者以北京地铁4号线PIS为基础开展研究,通过整合 CCTV、列车广播、PIDS,在实验室构建了全高清车载PIS平台。在视频传输方面,主要研究如何整合现有的乘客信息显示系统和视频监控系统的视频部分<sup>[5]</sup>。采用无线传输网络来接收视频信息,经车载LCD控制器解码后,在列车的所有LCD显示屏上进行视频实时播放,同时也可以利用列车车厢的预存视频进行本地播放,见图3。

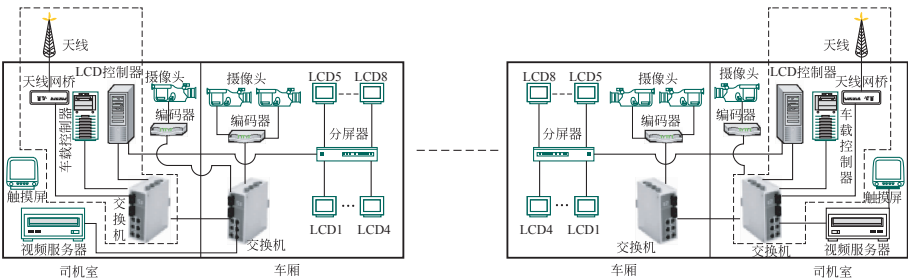


图3 车载PIS视频传输结构

2.2 全高清视频编解码实现

地铁车载设备环境比较复杂,其主要特征:一是振动较强,数据采集传输系统在物理连接上必须有很强的抗振动性;二是存在很强的电磁干扰,车载系统必须考虑电磁干扰因素;三是车载空间有限,车载系统设备必须是小型化设计,尽量节约空间;四是散热难,而风扇是车载设备的易损品,所以车载设备必须采用低功耗无风扇的设计,这样由发热引起的问题就少,系统的可靠性就越高。因此,车载PIS系统服务器采用低功耗无风扇工控机解决方案。

2.2.1 司机室服务器全高清编解码设计与实现

全高清编解码需要更强大的图像处理能力,而采用工控机作为视频服务器<sup>[6]</sup>,在中央处理器(central processing unit,CPU)性能上存在计算能力严重不足的缺点,必须采用硬件加速技术,将视频处理交给显卡完成,从而达到降低CPU占有率的目的。笔者使用Unix视频解码和显示接口函数(video decode and presentation API for Unix,VDPAU),将视频处理中计算量巨大的视频解码和视频图像补偿及渲染交给图形处理器(graphic processing unit,GPU)完成,使CPU有更多的资源处理其他事务<sup>[7]</sup>。VDPAU编程软件框图见图4,其

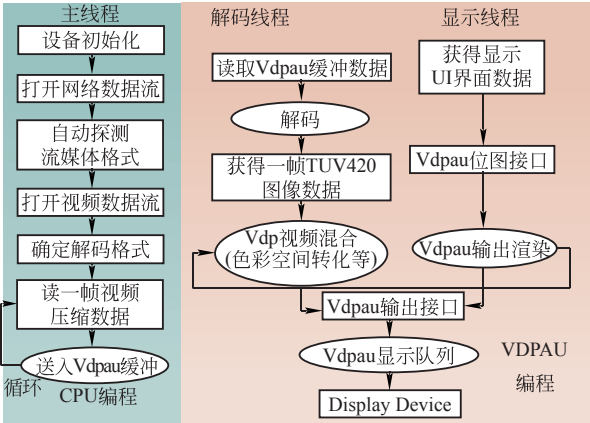


图4 VDPAU编程软件框图

主要特点是采用软件驱动硬件的方式进行编解码,具有很好的低CPU占有率,同时又具有软件解码的兼容性和灵活性,见文献<sup>[8]</sup>。表1为使用VDPAU技术前后的实验结果,可以看出,使用VDPAU大大降低了CPU的占有率,明显提升了解码显示效果。

表1 使用VDPAU技术前后性能改进的对比结果<sup>[8]</sup>

视频格式	视频大小/ MHz	平均码率/ (Mbit/s)	不使用VDPAU CPU占有率/%	使用VDPAU CPU占有率/%
H264	264.3	8.6	52.8~76.9	约2
MPEG4	502.3	16.3	31.8~56.8	约2
MPEG2	788.3	25.6	43~67.1	1~3

2.2.2 客室嵌入式全高清编解码设计与实现

由于摄像头和LCD显示终端分别涉及高清编码和解码,性能要求接近。笔者使用德州仪器公司DM368

的多媒体视频解决方案,在硬件上采用同一套 CPU 核心版,在嵌入式 Linux 上编写不同的软件,通过软件驱动硬件编解码器,分别实现了全高清解码和全高清编码输出,有效地降低了成本和开发难度。DM368 的最大优点是低功耗和双核处理器编程,它在系统上整合了 ARM9 处理器和高清编解码协处理器(the HD video imaging co - processor,HDVICP),通过编写 API 函数,将视频编码、解码等大数据处理任务交由协处理器来执行,ARM9 只负责对协处理的控制,从而达到显著优化系统性能的目的(见图5)。

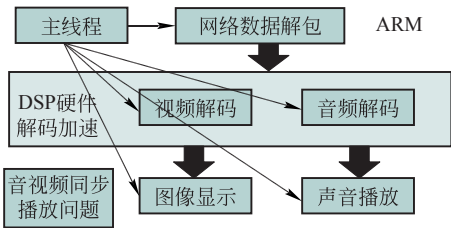


图5 DM368 解码软件框

采用嵌入式 Linux 双核编程是软件的最大特点,全高清编解码性能测试统计见图6。其中,ARM 表示在 ARM 平均处理一帧需要的实际周期数,HDVICP 表示协处理器解码一帧需要的实际周期数,FPS(frames per second)表示在测试中达到的实际帧率。720P 视频格式下最高帧率可以达到 68 FPS,1080P 下最高帧率为 35 FPS,而人眼可接受的最小帧率为 10 帧/s,电影帧率为 24 帧/s,因此本系统已经达到电影帧率效果。

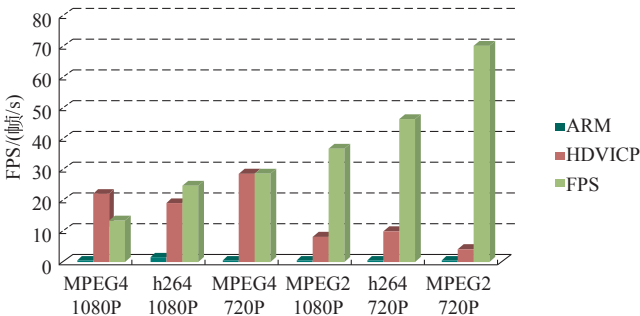


图6 DM368 性能测试统计

### 3 总线传输接口设计与选择

车载 PIS 系统可以分成列车级和车辆级两个部分。在列车级系统,必须考虑列车车厢重联和编组的特殊使用需求,以太网作为列车级总线的比较多见。在每个车厢设置一个 CCTV 编码器和 PIDS 多媒体网关,通过以太网与司机室服务器连接。PIDS 系统使用

分屏器在车辆间传输,通过 1 个多媒体网关,将模拟信号传输至客室的 4 个 LCD 屏。CCTV 系统使用类似方案,2 个摄像头将图像信号通过电缆直接传输给编码器,然后将编码输出给服务器。

列车车辆级总线的布线距离最长不超过 30 m,在这样短的距离里使用光纤是没有优势的。目前,PIS 系统多采用基于双绞线的 VGA 视频平衡传输技术,该技术最早应用在 S 端子信号的长距离传输上。文献[9]提出 VGA 传输函数的增益为

$$H_{db}(r,\omega)=20\lg|H(r,\omega)|=-8.68rK_R\sqrt{\frac{\omega c}{L}}(\Omega)\quad(1)$$

式中  $r$  为绞线半径, $\omega$  为信号频率, $\varepsilon$  为介电常数, $\mu$  为磁导系数, $L$  为长度。

虽然双绞线 VGA 传输方式具有对抗外部电磁干扰的能力,差动传输方式能很好地解决 VGA 串扰问题,但是实际应用中 VGA 信号传输全高清视频也存在一些不可解决的问题。

1) 模拟信号的相位偏移问题。VGA 电缆传输模拟信号,从式(1)可知,模拟信号的相位偏移主要是线性的,不同频率的信号产生不同的偏移,需要针对不同频率进行校正。

2) 线对之间的传输延时问题。VGA 需要红(R)、绿(G)、蓝(B)三原色,3 对绞线的传输因为各自的延时不同,会导致还原后图像的画质劣化。

3) 信号衰减的问题。这是 VGA 信号最主要的问题,见图7。从式(1)可以得出结论,信号的衰减与电缆的长度和频率的平方成正比。工业上可以接受的衰减为 -3 dB,全高清带宽为 177 MHz,衰减远超过 -10 dB。信号衰减使画面产生拖尾、重影的现象,严重影响了全高清画面的表现。

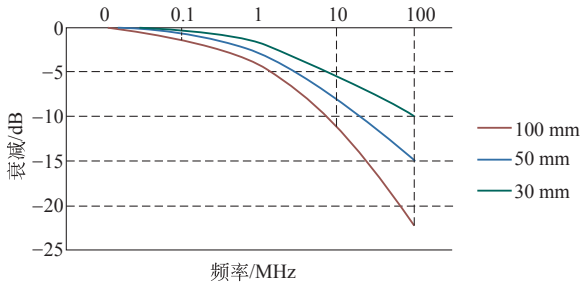


图7 VGA 视频线缆长度与信号衰减

因此,全高清车载 PIS 系统不能采用传统的 VGA 接口和分屏器接口方式。本系统采用以太网和 DVI 的



接口,不再使用分屏器。在客室的每个 LCD 后都自带一个嵌入式解码模块,视频解码后通过 DVI 接口直接送给显示器显示,有效地解决了传输衰减问题,达到了无色偏的效果。

4 全高清视频带宽测试

全高清设计车载摄像头和 LCD 显示终端的瓶颈就是车载网络带宽,而编解码的效率决定了网络容量<sup>[8]</sup>。单路高清视频编码测试效率见表 2,可以得出结论:在目前常用的视频格式中,H264 的效率最高,一路 1080P、25 帧/s 的视频平均码率大约为 8.6 Mbit/s。为了体现一般性,本设计设乘客信息显示系统广播 1080 P 视频的码流为 9.5 Mbit/s,而 CCTV 系统全高清摄像头在实验中的监控视频码率为 3.2 Mbit/s,16 路、1080P 视频的码流为 51.2 Mbit/s,尚未超过百兆带宽的负荷,达到了设计带宽的要求。采用无线电视广播接收器来模拟司机室接收北京电视台全高清视频信号编码广播,可在远端模拟客室解码显示实验结果,如图 8 所示。

表 2 不同编码格式下全高清视频码率测试结果

编码格式	视频大小/MHz	平均码率/(Mbit/s)	码率范围/(Mbit/s)
H264	264.3	8.6	0.7~16
MPEG4	502.3	16.3	2~45
MPEG2	788.3	25.6	3.2~54

5 结语

笔者围绕全高清地铁车载 PIS 的研制,对关键技术中的全高清视频编解码服务器和嵌入式编解码实现进行了详细介绍,并对 PIS 传输和接口方式进行了研究和设计实现。对全高清地铁车载 PIS 信号衰减和带宽占用问题进行了论证,并在北京地铁现场装车 and 调试,验证了其控制功能和性能。



图 8 车载 PIS 视频传输实验结果

参考文献

[1] 张娟丽,赵守国,吕晓军,等.铁路旅客信息系统的发展及应用研究[J].铁路计算机应用,2010,19(10):26-28.

[2] 陈栋.地铁乘客信息系统中无线局域网的研究与实现[D].北京:北京交通大学,2006:12-20.

[3] 关杰.城市轨道交通旅客信息系统研究[J].沈阳工程学院学报:自然科学版,2008,4(4):370-372.

[4] 任广杰,朱启东,曹宁.高清视频监控中的若干关键技术分析[J].电信科学,2011,2(1):121-123.

[5] 樊承泽,陈蜀宇,杨新华.基于网络计算机的流媒体播放器的研究与实现[J].计算机技术与发展,2010,20(4):196-197.

[6] 张海滨,李挥,吴晔,等.嵌入式高清播放器的设计与实现[J].计算机工程与设计,2010,31(13):84-85.

[7] Stevens R W. Unix network programming[M].北京:清华大学出版社,2002:1-395.

[8] Zhou Jieqiong, Wang Lide, Lin Zhui. Vehicle HD broadcast video decoder design based on GPU [C]//ISME 2011 (ISTP). Beijing,2011:390-395.

[9] 朱弘强,朱惠强,郡吉.基于双绞线传输的视频监控系统[J].计算机工程,2008,34(1):34-37.

(编辑:郭洁)

Development of a Full High-Definition Vehicle Passenger Multi-media Information System

Lin Zhui Wang Lide Zhou Jieqiong Wang Baohua

(School of Electrical Engineering, Beijing Jiaotong University, Beijing 100044)

**Abstract:** This paper compares and discusses the codec, the bus interface and the problems related to bandwidth in design and implementation of the full high-definition vehicle Passenger Information System (PIS), with emphasis on the comparison and analysis of the advantages of applying Video Decode and Presentation API for Unix (VDPAU) to the cab server and the performance improvement by applying the DM368 embedded codec to the passenger compartment. Meanwhile, problems brought about by using traditional Video Graphics Array (VGA) transmission under full high-definition vehicle PIS in the bus transfer interface are discussed. By using Ethernet and Digital Visual Interface (DVI) interfaces instead of the sub-screen device, these problems are effectively solved. Finally, experimental results for different video bandwidths using different encoding formats are obtained.

**Key words:** metro; on-board; PIS (Passenger Information System); full high definition; encoding decoding; bandwidth