

基于 DTMB 多屏互动传输系统的设计和实现^{*}

赵其定 王国中 范涛

(上海大学通信与信息工程学院 上海 200444)

摘要: 随着数字电视传输技术的不断发展和智能终端的快速普及,数字电视的形式也趋于多样化。在考虑传统 IP 网络电视、有线电视和广播电视所具有的优势和不足的基础上,克服传统电视系统的缺点,利用 IP 网络传输的模式,设计并实现了一种基于地面数字广播电视(DTMB)多屏互动系统。通过地面广播电视网与宽带 IP 网相结合,把地面数字电视信号通过 IP 网组播方式传送给智能终端设备,能够有效降低对网络资源的消耗,同时保证多台智能设备同时观看电视节目。首先介绍了系统的硬件框图和系统所涉及到的主要芯片,然后详细描述了解调软件设计、IP over TS 的实现和客户端软件的设计流程,最后总结了系统可应用的场景。

关键词: 数字电视;DTMB;IP over TS;多屏互动

中图分类号: TN943 **文献标识码:** A **国家标准学科分类代码:** 510.5025

Design and implementation of DTMB multi-screen interactive transmission system

Zhao Qiding Wang Guozhong Fan Tao

(School of Communication and Information Engineering, Shanghai University, Shanghai 200444, China)

Abstract: With the continuous development of digital television transmission technology and the rapid popularization of intelligent terminals, the form of digital television tends to be diversified. Considering the advantages and disadvantages of traditional IP network television, cable television and radio television and in order to overcome the shortcomings of traditional TV transmission system, the use of IP network transmission mode, this paper designed and realized a multi-screen interactive system based on terrestrial digital broadcasting television (DTMB). Through the combination of terrestrial broadcasting network and broadband IP network, the terrestrial digital TV signal through IP network multicast transmission to the intelligent terminal equipment, can effectively reduce the consumption of network resources, while ensuring that multiple intelligent devices at the same time watch TV programs. Firstly, introduced the system hardware block diagram and the main chip that the system involved in. Then, described the design of demodulation software, the realization of IP over TS and the design flow of client software in detail. Finally, summarized the application scene of the system.

Keywords: digital TV; DTMB; IP over TS; multi-screen interactive

0 引言

地面广播电视网是我国立体网络建设的关键部分,2007 年国家根据广播电视的未来发展制订了国家标准《数字电视地面广播传输系统帧结构、信道编码和调制》(简称 DTMB)^[1-2]。该标准的出台提高了我国地面广播传输系统的兼容性,同时丰富了电视业务模式。根据 2013 年多部门联合出台了《关于普及地面数字电视接收机实施意见》,在 3~5 年内实现地面数字电视接收的普及,同时要求中国市

场上的所有接收机都能够接收地面数字电视的能力,到 2020 年实现地面数字电视接收在我国的全面覆盖。伴随着多个政策的出台,DTMB 产业化受到了国家和企业的强烈关注,特别是近年来,各大厂商纷纷进入 DTMB 领域。在 DTMB 快速覆盖的同时,流媒体技术在视频播放中表现优异。特别是智能移动终端的大量出现,更多的人选择利用无线设备观看电视和视频。人们不再满足于通过电视观看节目,跨屏观看电视节目是未来数字电视发展的必然,也是符合国家三网融合的发展政策。为了降低网

络资源的消耗和满足多终端用户观看电视和视频的需要,将接收到的地面数字广播电视信号进行解调、解码、解复用、RTP 封装等一系列处理后,使用户可以通过智能手机、平板电脑、TV 等多终端观看数字电视,本文设计并实现了带有多屏互动功能的地面数字电视 DTMB 接收传输系统^[3-4]。

1 系统硬件组成和架构设计

1.1 系统总体架构和运行流程

系统实现了通过室内 DTMB 天线接收地面波信号,将

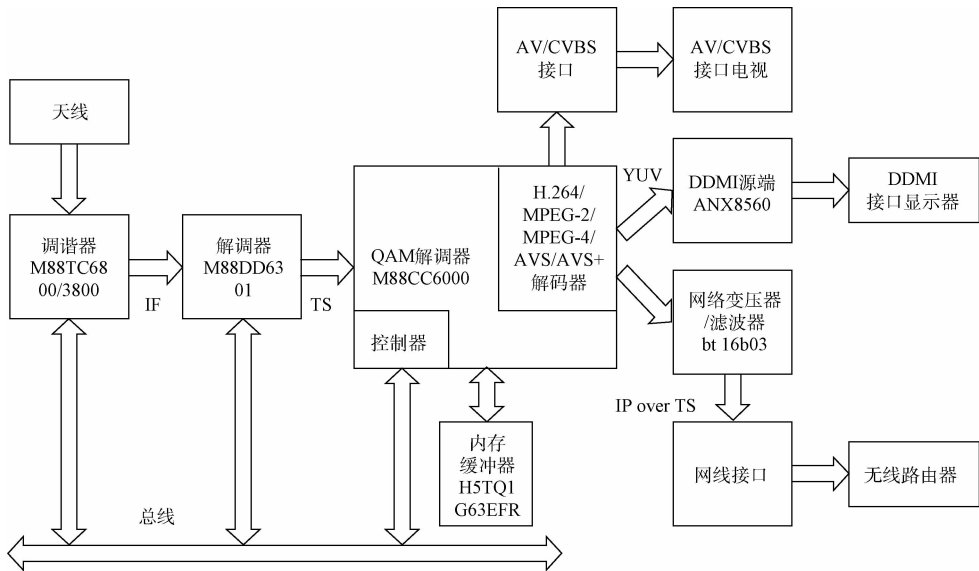


图 1 DTMB 多屏互动系统结构

系统主要工作流程如下:调谐器 M88TC6800 通过室内天线接收标准的空中射频信号。调谐器支持两种变频工作模式:一种是输出中频信号,另外一种输出零中频信号。在解调芯片 M88DD6301 中根据接收到的中频或基带零中频信号进行相应的放大、混频、滤波、解调、解码等操作,输出符合 MPEG 标准的 TS 流。TS 码流在高清解码器芯片 M88CC6000 进行解码操作。TS 码流经过解码器完成 TS 流的解码、解复用、音频解码、视频节目等处理后,通过 DTMB 系统的外设接口(AV/CVBS/HDMI)连接带有该接口的显示设备实现数字电视的及时推送。解码器芯片 M88CC6000 还可以将电视节目 TS 流进行 IP 打包封装,把打包好 IP 数据流送到网线接口。用户可以通过网线接口外接无线路由器从而通过带有 WiFi 接收功能的终端观看电视节目。M88CC6000 还是整个 DTMB 系统的控制器, M88CC6000 通过 I²C 总线对调谐器芯片 M88TC6800、解调器芯片 M88CC6000 和其他接口进行直接控制^[7]。

1.2 系统主要模块功能和使用芯片介绍

调谐器的主要作用是将接收的空中射频信号进行变

接收到的高频信号经调谐器、解调器和解码器进行低噪声放大、下变频、数字解调、信道解码、去交织、压缩、解复用、解码等处理后,输出到显示器、电视终端上实时观看电视节目,或者通过 IP 打包封装技术,将带有 IP 格式的 TS 流通过千兆以太网外围接口输出给无线路由器。移动终端可以通过路由器发送的 WiFi 方式接受并实现 DTMB 数字电视的收看^[5-6]。此外,各种设备结合自身的操作系统安装合适的客户端软件观看电视节目。系统支持高、标清电视信号的接收和多种格式视频解码,如:AVS+、MPEG-2、MPEG-4 等。系统结构如图 1 所示。

频处理同时滤除预期无关的干扰,输出零中频信号或中频信号给信道解调器芯片,系统用 Montage 公司的 M88TC6800 调谐器芯片,可接收 48 MHz~1 GHz 范围内的射频信号,多标准兼容,包括 DVB-C、DVB-T/T2、DTMB、ATSC 和 ISDB-T 数字电视标准以及模拟电视标准支持 1.7、6、7 和 8 MHz 信道带宽,内置可编程模拟低通滤波器 4~10 MHz 范围内可调的数字差分均衡中频信号,与大多数解调器匹配。系统通过 I²C 总线对调谐器 M88TC6800 内部寄存器进行设置可完成带宽选择和低通滤波器控制。

解调器的作用是对输入的信号进行模数转换,并能进行载波和时钟恢复,对传输过程中的误差进行校验纠正。输出标准的 MPEG 码流,也就是传送流(TS),TS 数据流长度为 188 或 204 Byte(204 Byte 是 188 Byte 后加上 16 Byte 校验数据),TS 流从固定同步字节 0x47 开始。采用 Montage 公司的信道解调芯片 M88DD6301,具有状态锁定功能和检测信号质量的能力,实现对输入输出进行便捷控制。它是一种多标准兼容芯片,非常切合中国地面数字电视标准(DTMB)GB20600-2006 和欧洲有线电视标准

(DVB-C),支持多种载波模式和调制模式。

在芯片内部有专门的电路设计和高速算法,内置11 bit 数模转换器,优化对不同频率的采样。在芯片内部能够有效抑制邻频干扰、同波干扰,实时对载波进行监控、校验和恢复。提高了对小信号的接收,拓展了调谐器的选择。

该芯片提供了丰富高扩展性的 TS 流输出接口,对 3 种 FEC 码率支持,同时提供 3 种保护间隔确保输出 TS 流的正确。利用双总线控制的模式支持并行、串行、DVB 等格式的输出。M88DD6301 以其功耗低自动休眠等功能完全满足系统需要。

解码器芯片采用 M88CC6000,该芯片性能强悍,具有双 CPU 架构(MIPS 24KE),分别用于音视频系统和应用系统的控制。内置高性能低功耗高清解码器单芯片和 QAM 解调器,通过内部优化算法提高了解码效率。具有很强的兼容性和扩展性,支持 MPEG-2/MPEG-4/AVS/AVS+多标准的高清视频解码。芯片支持 DVB-C 有线数字电视标准,也可用于地面广播有线电视或 IP 网络平台,具有稳定的性能、丰富的功能和超低的功耗。在 DTMB 系统中可以轻松地实现各种高清数字电视接收、解码和传输。

高清解码器 SoC 主要有 3 个功能:1)可接收最高 150 Mbps 的标清高清 TS 流进行解调和 FEC 解码。以 YUV 视频数据流的形式发送给芯片内置的视频输出转换器进行输出转换,再发送给 HDMI 输出接口;2)具有双 CPU 结构,是整个系统的运作的中央控制器,通过 I²C 总线对调谐器、解调器和各种接口进行直接控制;3)将解码出来的 TS 流进行处理,使 TS 流符合在 IP 宽带网上传输。主要是实现数字电视传输协议转换和业务模式转换,使数字电视节目信号以适合的方式在互联网中传输,拓展地面数字电视信号的传输模式^[8-9]。

2 DTMB 多屏互动系统软件设计

2.1 系统软件的总体结构

软件部分是整个系统运行的重要保障,主要有操作系统、接口驱动,传输控制和各种终端软件设计。系统采用 ECOS 操作系统,ECOS 是 Cygnus 公司推出的小型即时操作系统(realtime operating system)。ECOS 操作系统最为突出的特点是可配置性,且代码开源,不需要用户进行付费的操作系统。通过对 ECOS 的开发和管理从而达到多样化的外部接口和正常接收解码播放传输标清高清电视节目的目标,ECOS 完全满足本系统需要^[10]。系统软件总体结构如图 2 所示。

2.2 信道解调软件设计

DTMB 系统信道解调主要是通过主控制芯片对调谐器(tuner)和解调器(demod)相应的寄存器进行配置管理。M88TC6800 调谐器通过室内天线接收调制有地面广播电视高频 RF 信号,解调出中频信号(IF)或者是零中频信号,

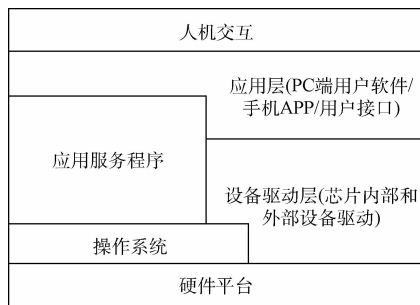


图 2 系统软件总体结构

送到解调器 M88DD6301。调谐器芯片 M88TC6800 和解调器芯片 M88DD6301 都含有标准的总线结构通过总线与 CUP 进行通信。系统通过寄存器的管理来控制调谐器芯片 M88TC6800 接收空中信号进行变频处理,主要包括:调谐器的工作模式、AGC 时间约束、参考频率步长、带宽滤波器等,通过设置可编程分频寄存器来选择接收频率。CCTV 高清频道的频率为 674 MHz,在实际工程中要对调谐器寄存器初始值进行设置,通过 ALPS 计算公式^[11-13]:

$$Pdd = \frac{D_{ccf} + 36M}{4M/24} \quad (1)$$

其中 PDD 为 programmable divider data, Dccf 为 desired channel center frequency。CCTV 高清频道为 674 MHz 代入公式得到调谐器可编程分频寄存器应设为 10A5,调谐器 M88TC6800 余下的寄存器根据芯片开发文档进行相应的配置。

解调器芯片 M88DD6301 主要是对其寄存器接收模式进行配置。在 M88DD6301 中提供手动和自动两种锁频方式,在自动锁频模式下用户不需要进行参数设置,在手动锁频模式下用户需要提供以下初始参数值:

- 1)载波模式,可以设置为单载波或者多载波;
- 2)前端纠错码率,可取 0.4,0.6,0.8;
- 3)调制方式,可取 4QAM,16QAM,32QAM,64QAM;
- 4)NR 映射模式;
- 5)交织模式;
- 6)PN 头模式;
- 7)频谱翻转模式。

如 CCTV 高清频道在 DTMB 标准中是以单载波模式进行传输,主要技术参数为:C=1,16QAM,LDPC 编码效率为 0.8,PN595,交织模式为 720,码率为 20.791 Mbit/s。用户在 33 频道进行收看,将 M88DD6301 对应的寄存器进行配置,从而获取到电视节目信息,信道解调模块软件控制流程图如图 3 所示。

2.3 MPEG-2 TS 的 RTP 封装实现^[14-17]

实现 MPEG TS 流在 IP 网中进行传输,使电视信号传输多样化。经过协议打包转换,把仅能够在电视网中传输的 TS 信号转换成能够在宽带 IP 网中进行传输,是解决

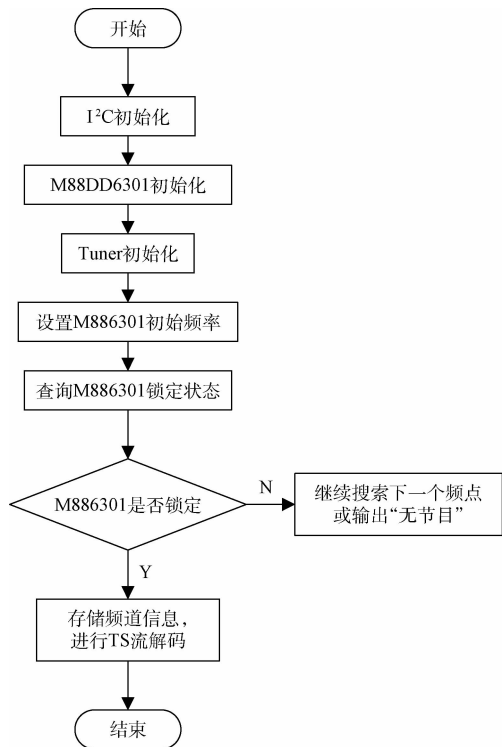


图 3 解调软件流程

电视节目由面向电视机等少数设备转换到多种设备终端同时观看电视直播节目的关键一步。

从系统的实用简便的特点出发,采取合适协议进行 TS 流封装处理能提高 TS over IP 传输的高效和稳定传输。根据电视信号实时传输的特点,本系统第一层 TS 封装打包协议,采用 IPI 特殊组 (IP infrastructure) 提出的 RFC2250 草案。草案中推荐使用基于 RTP (real-time transport protocol,实时传输协议) 来对 TS 流进行打包封装。RTP 提供了数据流能够在 IP 网络上实时传输的能力,有效减少节目流信号在网络上传输的直播延时。RFC2250 草案中 TS over RTP 结构图如图 4 所示。

第 2 层封装协议是从传输层面考虑,在 TCP/IP 中有两个具有代表性的传输层协议,他们分别是 TCP 和 UDP,由于 TCP 协议报文较长,网络开销大且很难匹配合视频传输速率和带宽,因而系统采用 UDP 传输协议。将 UDP 和 RTP 结合,RTP 能够进行数据传输的组播同时提供时间同步、数据序列、传输控制和数据包检测功能,不能保证传输可靠性和网络阻塞的控制;UDP 协议负责视频数据包的传输和网络端口号的检验,不能保证可靠性和时间序列性。将二者结合起来共同完成 TS 流在 IP 网络中传输,能够保证传输效率的提高、降低网络延时。

第 3 层封装协议从网络兼容层面考虑,将电视媒体数据流发送到 IP 网中进行传输,保证系统使用的广泛,用 IP 协议进行第 3 次协议封装是必要的。系统要与下一代 IPv6 协议的兼容,在协议封装和打包传输中实现 IPv4/

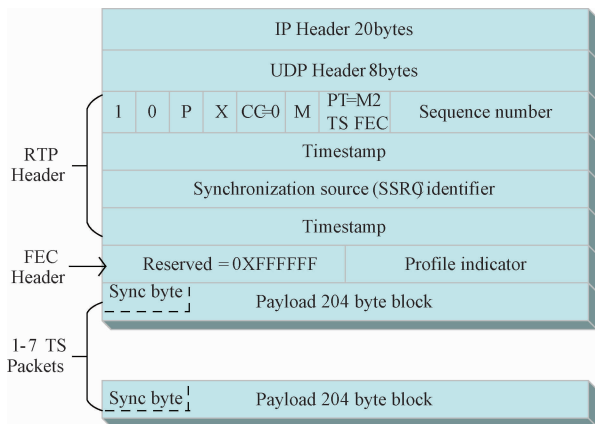


图 4 TS over RTP

IPv6 双协议栈。

综合以上 3 次封装协议,首先是通过 RTP 封装 TS,然后将 RTP 封装后的 TS 包装载在 UDP 上,最后通过 IP 层进行打包发送,从而完成电视信号在宽带网络中传输。在实现过程中,标准 TS 单元长度为 188 Byte,RTP 包头为 12 Byte,UDP 包头为 8 Byte,IP 包头最短为 20 Byte。协议链路层传输容量为 1 500 Byte。通过 $(1\ 500-8-12-20)/188=7.76$ 每个 IP 包中 TS 包的封装数量为 7 个。这样能够降低数据的丢失同时 IP 的网络传输效率较高,最终打包结构图如图 5 所示。

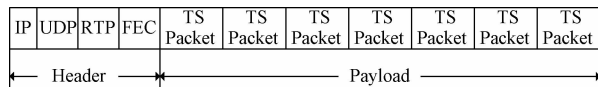


图 5 TS 流封装总体结构

2.4 手机 APP 和 PC 客户端应用程序设计^[18-19]

手机客户端是基于安卓系统开发,主要实现步骤如下:1)请求对无线路由器的连接;2)完成连接后对 DTMB 硬件平台进行 IP 心跳测试;3)心跳测试后检测到 DTMB 硬件平台是否处于正常的工作状态;4)检测到 DTMB 平台处于正常工作状态后,在智能手机上点击执行搜台操作;5)通过 DTMB 平台将收到的电视信息回传给手机,用户可以获得节目列表、节目频点、信号强度和信号质量等信息;6)在手机上选择所要观看的电视节目后将观看节目的 ID 和手机 IP 地址发送到 DTMB 硬件平台;7)DTMB 硬件平台根据用户请求将该节目通过 UDP 发送到目标用户手机上,通过手机 App 嵌入的 VLC 播放器进行播放。手机效果图如图 6 所示。

PC 客户端程序是在 Windows 操作系统中开发。采用微软公司 VS2013 MFC 平台进行 PC 客户端的开发。PC 客户端与 DTMB 系统连接有 2 种方式,一种是通过无线网连接 DTMB 系统,其开发步骤与移动端基本相同,另外一种是通过网线与 DTMB 系统上的标准网线接口相



图6 手机播放效果

连,PC控制端软件如图7所示。

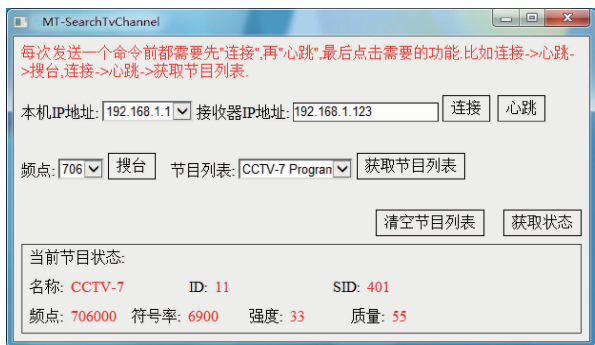


图7 PC端控制界面

其主要开发步骤是:1)电脑与DTMB系统连接好之后电脑控制端通过网线向DTMB系统发出连接请求;2)连接成功后点击心跳检测系统状态,DTMB系统状态正常会对PC端进行响应;3)响应成功后PC端接收DTMB系统发出的节目信息;4)PC端选择节目后将节目信息发送到DTMB系统,系统根据请求发送MPEG TS流。PC客户端通过网线接口接收实时TS,将TS流进行存储,并在程序中嵌入VLC播放器进行播。

3 结 论

本文从我国电视标准、电视多样化和实用性出发,设计并实现了一种基于DTMB带有多屏互动功能的地面数字电视接收传输系统。通过反复多次的软硬件调试后,系统能够正常稳定工作,通过系统的外围接口传输给其他终端显示。将地面数字电视广播网与无线局域网相互结合,发挥各自优势,能够有效减少成本、降低带宽资源、扩大广播电视信号接收范围。本系统适合在家庭、学校、公交车、餐馆、商业中心等公共场所热点区域以及有线电视网络电视难以到达的边远地区实施。满足了用户在不同应用场景、不同终端便利地观看数字电视直播节目,借助用户多终端的特点,极大的拓宽了数字电视的应用范围。

参考文献

[1] 宋健. 中国地面数字电视传输标准DTMB与产业化

- 推广[J]. 电子测量与仪器学报, 2009, 23(9): 1-6.
- [2] 楼昶, 林宏波, 邱琦. 数字电视平台改造: 从传统模式走向IP化[J]. 中国数字电视, 2012(8): 50-53.
- [3] 杨知行. 地面数字电视传输标准研究与产业化进展[J]. 电视技术, 2014, 38(22): 16-17.
- [4] HARYATMI E, KUSUMA T M, SOEROWIRDJO B, et al. The design and performance analysis of DTMB system [J]. Telecommunication Computing Electronics and Control, 2016, 14(3): 873-879.
- [5] 贾旭光, 佟璐, 阳辉, 等. DTMB多通道调制器的设计与实现[J]. 电视技术, 2016, 40(6): 111-114.
- [6] 敬奕艳, 曹高翔. DTMB数字电视解调系统的设计与实现[J]. 电视技术, 2014, 38(14): 29-33.
- [7] 邱雪霞, 郭里婷. 基于DTMB标准多载波模式的定时同步算法研究[J]. 电视技术, 2011(23): 1-4.
- [8] 刘雨. 国标地面数字电视DTMB接收系统的设计与实现[D]. 北京: 北京邮电大学, 2009.
- [9] 李永吉. 基于Android系统平台实现智能电视模块化设计与研究[J]. 济南: 山东大学, 2013.
- [10] ADEYEMI-EJEYE A O, WALKER S D. Ultra-high definition wireless video transmission using H. 264 over 802. 11 n WLAN: Challenges and performance evaluation[C]. 2013 12th International Conference on Telecommunications (ConTEL), IEEE, 2013: 109-114.
- [11] LIM Y. New MPEG transport standard for next generation hybrid broadcasting system with IP[J]. IEEE Transactions on Broadcasting, 2014, 60(2): 160-169.
- [12] ADEYEMI-EJEYE A O, WALKER S D. Ultra-high definition wireless video transmission using H. 264 over 802. 11 n WLAN: Challenges and performance evaluation[C]. 2013 12th International Conference on Telecommunications (ConTEL), IEEE, 2013: 109-114.
- [13] 向敏, 文成亮, 王平, 等. 基于IPv6的WIA-PA网络优化AODV路由算法[J]. 仪器仪表学报, 2015, 36(12): 2681-2689.
- [14] 黎洁, 张陈香, 鲍忠明, 等. 基于D2D网络通信的可伸缩视频多播算法研究[J]. 电子测量与仪器学报, 2016, 30(6): 923-930.
- [15] VAN DEVENTER M O, STOKKING H, HAMMOND M, et al. Standards for multi-stream and multi-device media synchronization [J]. IEEE Communications Magazine, 2016, 54(3): 16-21.
- [16] 俞鹏炜, 任勇, 冯鹏, 等. 基于FPGA的千兆以太网CMOS图像数据传输系统设计[J]. 国外电子测量技术, 2016, 35(11): 76-81.

- [17] 刘祥民,魏柏林. IP 化广播电视信号干线传送技术研究[J]. 电子测量技术,2012,35(11):5-7.
- [18] 魏柏林,周捷. VOD 视频流传输网络的设计和应用[J]. 电子测量技术,2012,35(11):1-4,11.
- [19] 刘雨,门爱东,全子一. DTMB 地面数字电视接收系统的设计与实现[J]. 电视技术,2010(3):4-6,24.

作者简介

赵其定,1991 年出生,上海大学硕士研究生,主要研究

方向为三网融合技术、新媒体技术。

E-mail:zhaoqingding@126.com

王国中,1962 年出生,上海大学博士生导师,主要研究方向为中国音视频编解码标准 AVS、三网融合、基于 AVS 和 DTMB 的双国标数字地面电视系统和 3DTV 等。

E-mail:wang.gz@avsgm.com

范涛,1983 年出生,上海大学博士生,主研视频编码标准、3DTV、新媒体技术、三网融合技术等。

E-mail:fantao19830627@163.com