



基于码率控制的 DMB 预警信息预处理系统

摘要

为解决预警信息音频广播的单一性,通过对数字多媒体广播(DMB)的标准研究,设计了基于码率控制的 DMB 预警信息预处理系统.该系统采用 MPEG-4 HE AAC 和 H.264/AVC 编码算法对预警音视频信息分别进行信源编码,实现将编码后信息合成为 TS 码流;采用 RS 和卷积交织的信道编码方法实现 TS 码流的纠错控制,提高传输可靠性.针对传输码率不稳定、音视频传输容量和速率不匹配的技术难点,提出基于码率控制的音视频匹配控制传输方法,通过空包插入法实现对编码输出数据码率的智能控制,达到音视频预警信息的稳定实时输出.该预处理系统目前已通过验证,可显著提高预警信息传输的可靠性、稳定性和实时性.

关键词

气象预警;预警信息;码率控制;数字多媒体广播(DMB);传输流

中图分类号 TN914

文献标志码 A

收稿日期 2012-10-18

资助项目 中国博士后科学基金(2011M50094 0);江苏省高校自然科学研究重大项目(12KJA510001)

作者简介

张燕,女,硕士生,主要从事 DAB/DMB 传输系统的研究.zhangyan198776@sina.com

陈苏婷(通信作者),女,博士,副教授,硕士生导师,主要从事高速实时信号处理、图像处理的研究.sutingchen27@163.com

0 引言

近年来,受全球气候变暖的影响,气象灾害频发.由于气象灾害发生时间短、危害度大,如何快速将预警信息发布给公众就成为当务之急.目前,尽管灾害预警信息的发布渠道很多,但总体上仍然存在传输时效差、信息覆盖面有限、受各种制约条件限制等问题.

数字音频广播(DAB)系统具有信息发布速度快、覆盖广、易于推广的特点.但是,目前基于 DAB 的预警发布系统发送和广播方式单一,而数字多媒体广播(Digital Multimedia Broadcasting, DMB)是以 DAB 为基础发展起来的,它不仅可以传输声音和文本,而且可传输视频^[1].针对 DMB 的上述优点,结合预警信息传输系统的特殊应用,本文提出了一种基于码率控制的 DMB 气象预警信息预处理系统.该系统在实现音视频预警信息合成处理的基础上,一方面对合成处理完成后的数据流采用 RS 编码和卷积交织编码方法加入差错保护信息,提高其传输可靠性;另一方面,采用空包插入法进行码率控制,使其输出码率达到恒定.

本系统处理后的音视频气象预警信息可通过 DAB 系统广播,传输时效达到秒级,并扩大了受众面.另外,音视频预警比以往的文字、语音预警能让人们更加注意,更直观地了解到该气象预警的严重程度,因此,该系统具有实用价值.

1 系统方案

本文基于 DMB 数字多媒体广播的研究,设计了一种基于码率控制的 DMB 气象预警信息预处理系统,该系统由数据压缩模块、TS 合成模块、信道编码模块和码率控制模块组成.如系统框图 1 所示,待传输的音频及视频预警信息经过数据压缩模块进行音视频数据的压缩,压缩后的数据到达 TS 合成模块,该模块根据 DMB 系统的传输标准完成音视频预警数据的打包,使预警音视频信息合成为 TS 包的形式.为了提高 TS 包的传输可靠性,设计了信道编码模块对 TS 包数据加入差错保护信息,在信道编码之后为了使数据包能以恒定的码率传输,设计了基于恒定码率的码率控制模块对其输出码率进行控制.最后,经过上述处理后的数据可通过现有的 DAB 发送系统进行数据发送.

1 南京信息工程大学 电子与信息工程学院, 南京,210044

2 南京中网卫星通信股份有限公司,南京, 210061

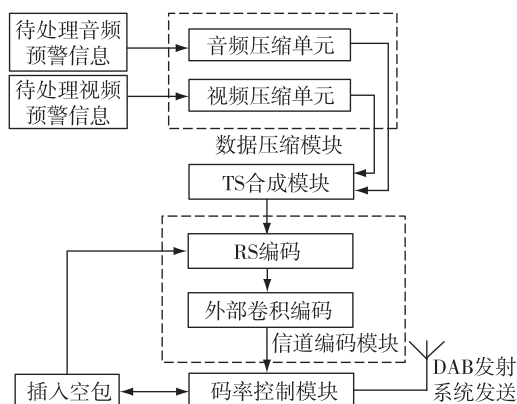


图1 系统框图

Fig. 1 The system diagram

2 系统功能模块

2.1 数据压缩模块

为了传输更多的气象业务,必须对音视频气象预警信息进行高效压缩.压缩模块主要由音频压缩单元和视频压缩单元组成.视频压缩单元的编码采用 H.264/AVC^[2],H.264 有很高的数据压缩比.在同等的图像质量条件下,H264 的数据压缩比比当前 DVD 系统中使用的 MPEG-2 高 2~3 倍,比 MPEG-4 高 1.5~2 倍.音频压缩单元的编码采用 MPEG-4 HE AAC v2,它是由 3 个 MPEG 技术结合起来的,AAC 作为核心编码器,而频带恢复(SBR)与参数立体声(PS)2 种附加技术,能极大地提高编码效率.

2.2 TS 合成模块

TS 合成模块是整个系统的核心部分之一,该模块的功能是将压缩后的音视频气象预警信息合成为 TS 包的形式.TS 数据包长度为固定的 188 B,每个数据包由 4 B 包头和 184 B 的数据负载组成.其主要可以分为节目特殊信息(PST)包和基本码流包即音视频数据包^[3].

PST 包在 TS 流解复用中占据重要地位,它包括节目关联表(PAT)、节目映射表(PMT)、条件接收表(CAT)和网络信息表(NIT),其中最为关键的部分是 PAT 表和 PMT 表.根据 PAT 表可以解析出用户所选择节目的 PID 号,取得节目的 PID 号后,可以找到相对应的 PMT 包,解析 PMT 包,即可得到基本码流的 PID,解析含有这些 PID 的 TS 包可获得所需要的基本码流.基本码流打包要经过 SL 打包、PES 打包、TS 复用 3 个过程,其打包后的 TS 包结构^[4]如图 2 所示.

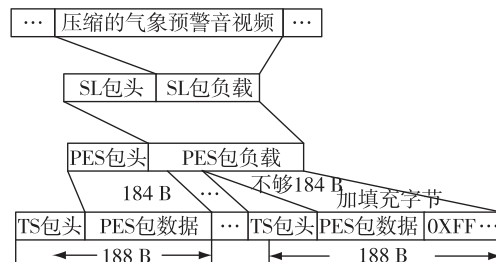


图2 DMB系统中基本码流的TS包结构

Fig. 2 Structure of essential stream packet in DMB

本系统 TS 合成模块的流程如图 3 所示.TS 合成步骤如下:

1) 节目关联表打包.通过在该表信息头部添加相应的包头信息进行的 TS 打包.

2) 节目映射表打包.通过在该表信息头部添加相应的包头信息进行的 TS 打包.由于要求 PAT、PMT 的发送时间间隔的为 $t = 500 \text{ ms}$,因本系统的传输码率恒定,所以采用在固定数量的 TS 包后再次发送 PAT、PMT 数据包,其计算公式为

$$\frac{m \times n \times 8}{r_s} < t,$$

其中 m 是传送的数据包的个数, n 是传送数据包的字节数, r_s 是系统传输码率.因此,本系统经计算每发送 m 个 TS 包后发送一次 PAT、PMT 的 TS 包.

3) 音视频压缩参数及相关描述的 TS 打包.这些信息主要是记录音视频流的压缩标准、采样率、平均数据率等基本编码参数和设置.

4) 对压缩后的音视频预警数据进行 TS 打包.首先打开压缩模块压缩后的音频和视频文件,读取一帧音频或视频数据并判断是否读到音视频数据,如果是,继续下一步,如果不是,表明音视频数据 TS 打包都结束.

5) 申请内存空间.申请一个 TS 包长度的内存空间 ts_code ,并在该内存空间添加 TS 包头信息.

6) 在 ts_code 内存空间加入 PES 包头信息.

7) 在 ts_code 内存空间加入同步 SL 包头信息.合成时间戳 CTS 信息是 SL 包头信息中的一个重要内容,解码端要通过此信息获得该帧的解码和播放时间,因此必须精确计算添加此时间戳.由于本系统采用固定的音视频格式,可以根据音视频固定的帧周期来确定时间戳的大小.

令 $CTS_a(i)$ 是第 i 帧音频合成时间戳, n_s 是音频每帧的采样数, f_s 是音频采样率, f_{scfd} 是指系统时钟频率的 $1/300$ 分频^[5],则预警信息音频帧 CTS 为

$$CTS_a(i) = CTS_a(1) + \frac{(i-1) \times n_s \times f_{scfd}}{f_s}$$

视频帧 CTS 的计算公式为

$$CTS_v(i) = CTS_v(1) + \frac{(i-1) \times f_{scfd}}{f_{ps}}$$

其中, $CTS_v(i)$ 是第 i 帧视频合成的时间, f_{ps} 是视频的帧率。

8) 添加数据. 在 `ts_code` 内存空间中添加一定长度的音频或视频数据, 使得该内存空间填满, 若音频或视频数据未填满该内存空间, 剩余空间添加 0XFF, 完成一个 TS 包。

9) 判断一帧数据是否打包结束. 若结束就跳到 4) 读取下一帧数据, 若本帧还有数据未被打包, 在剩下的数据前加 TS 包头, 执行 8)。

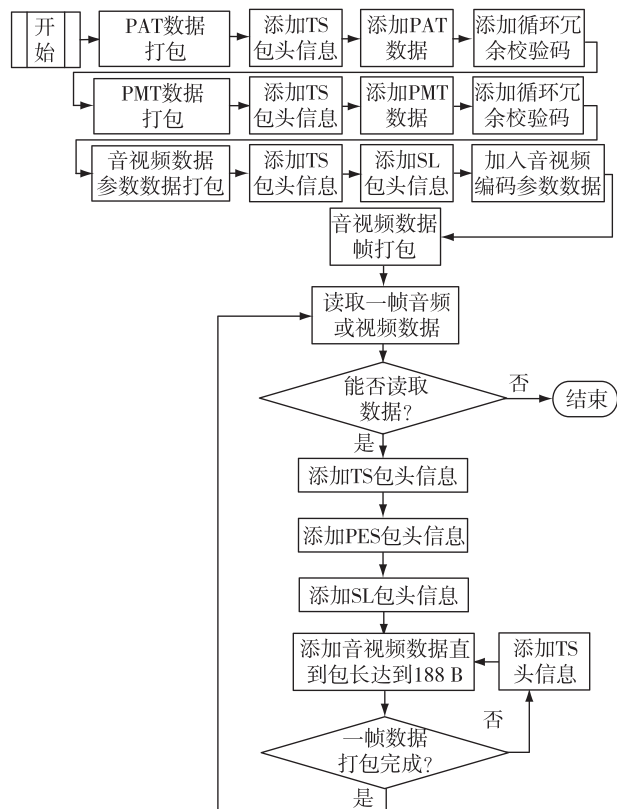


图3 TS合成流程

Fig. 3 Flow diagram of TS synthesis module

2.3 信道编码模块

信道编码的目的是为了提高数据传输的可靠性, 本系统采用 RS (Reed-Solomon code) 编码和外部卷积交织技术对 TS 流信息进行信道编码。

RS 编码是为了提高数据的纠错能力. 本系统采用 RS(204, 188) 编码, 它的数据包长为 $L=204$ B, 其

中有 16 个校验字节, 可以消除码字中 8 B 的干扰, 所以, 本系统的 RS 编码即是在 TS 包中增加 16 个校验字节^[6-7]。

本系统 RS(204, 188) 编码的域产生多项式为

$$p(x) = x^8 + x^4 + x^3 + x^2 + 1.$$

由域产生多项式可以计算出伽罗华域 $GF(2^8)$ 中的各个元素编码及其对应的十进制值, 由此域中的元素值及其之间的元素可以得到本编码的生成多项式为

$$g(x) = (x - \alpha^1)(x - \alpha^2) \cdots (x - \alpha^{15}) = x^{16} + 59x^{15} + 13x^{14} + 104x^{13} + 189x^{12} + 68x^{11} + 209x^{10} + 30x^9 + 8x^8 + 163x^7 + 65x^6 + 41x^5 + 229x^4 + 98x^3 + 50x^2 + 36x + 59,$$

若 TS 包的信息多项式为

$$m(x) = m_{187}x_{187} + \cdots + m_2x_2 + m_1x_1 + m_0,$$

则编码后的码字信息多项式为

$$C(x) = x^{16}m(x) + x^{16}m(x) \bmod g(x),$$

其中 $x^{16}m(x)$ 对应于 188 B 的数据部分, $x^{16}m(x) \bmod g(x)$ 对应于 16 B 校验部分。

卷积交织编码的目的是为了提高系统的纠错性能. 通过卷积交织, 可将时域上出现的连续性错误分散到多个 TS 包中, 并在解码端分别由 RS 码予以纠正. 本系统采用交织深度为 $I=12$ 的卷积交织编码^[8], 因此, 在解码端联合 RS 码, 可以纠正最大连续错误字节长度为 96 B, 从而使整个系统的纠错能力大大提高. 本系统中卷积编码的软件实现的流程如图 4 所示. 其交织过程如下所述:

1) 初始化控制变量 n 和交织后数据存放数组 `inl_code[L]`。

2) 申请内存空间. 由于交织深度为 I , 且每个待交织的数据包为 L , 因此, 分配 $I \times L$ 字节的内存空间 `interleaver_buf`。

3) 存放数据. 把待交织的数据包存入 `interleaver_buf` 内存空间, 地址为 `interleaver_buf + L * num`。

4) 进行交织深度为 I 的卷积交织. `inl_code` 数据的第一位为待交织数据包的第一位同步字节 0X47, `inl_code` 数组后面的字节依次为 `interleaver_buf` 中的 I 个数据包中的字节即:

$$inl_code[i+j * I] = interleaver_buf[i+j * I+k * L].$$

5) 输出交织完成后的数组 `inl_code[L]`, 并修改 n 的值: $n = (n+1) \% I$ 。

6) 判断是否有下一个带交织的数据包. 如果有

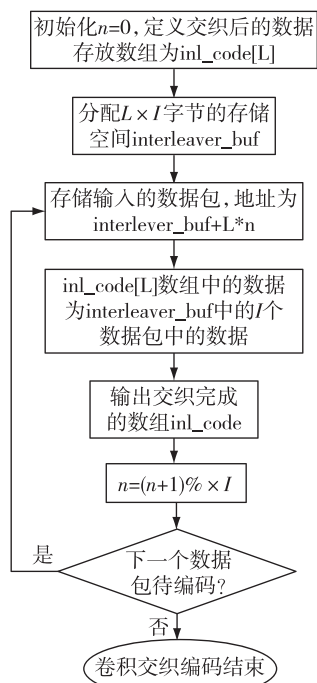


图4 卷积编码的流程

Fig. 4 Flow chart of convolutional encoding

则执行3)进行卷积交织编码,如果没有表明完成全部数据包的卷积交织编码,结束程序.

2.4 码率控制模块

码率控制模块可对整个系统的码率进行控制,使整个系统的传输码率达到需要的 $r_s = 384 \text{ kbps}$ ^[9].该单元采用插入空包的方法进行码率控制.由于空包不属于任何类型的数据(音频、视频等实体),是一个未声明的特殊的传输包,因此,可以使用空包填充来确保恒定的输出码率.

本系统采取定时检测的方式进行码率控制.根据音视频预警信息的特点,定时周期为 $T = 960 \text{ ms}$,即每隔 T 时间进行一次码率检测.若假设该检测周期内发送 n_{ts} 个 TS 包,则检测时刻的码率 r_d 为

$$r_d = \frac{L \times 8 \times n_{ts}}{T} = 1.7 \times n_{ts},$$

若检测出的码率 r_d 低于 r_s ,就插入一定数量空包控制其输出码率.据此可得一个 TS 包在 T 内的码率为 1.7 kbit/s ,则该周期内需要插入空包数 n 为

$$n = \frac{r_s - 1.7 \times n_{ts}}{1.7}.$$

码率控制模块软件实现的流程如图5所示.

3 软件的设计与实现

本系统软件主界面如图6所示.在进行音视频

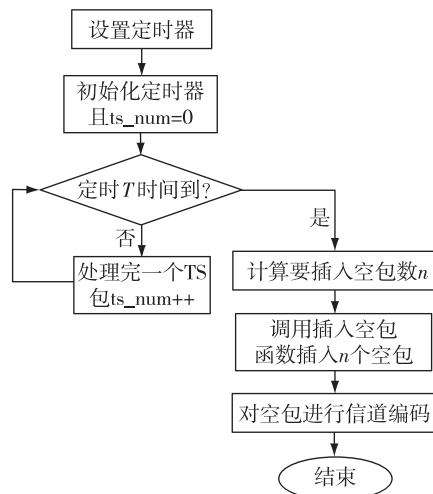


图5 码率控制流程

Fig. 5 Flow chart of rate control module

合成之前首先要选择待处理音视频预警信息分别进行音频和视频压缩,点击“视频压缩”和“音频压缩”按钮即会弹出音视频压缩界面完成音视频数据的压缩.待压缩完成之后点击“开始”将音视频预警信息合成 TS 流形式,并将合成后的 TS 包进行 RS 编码和卷积交织编码,待编码完成之后进行码率控制.

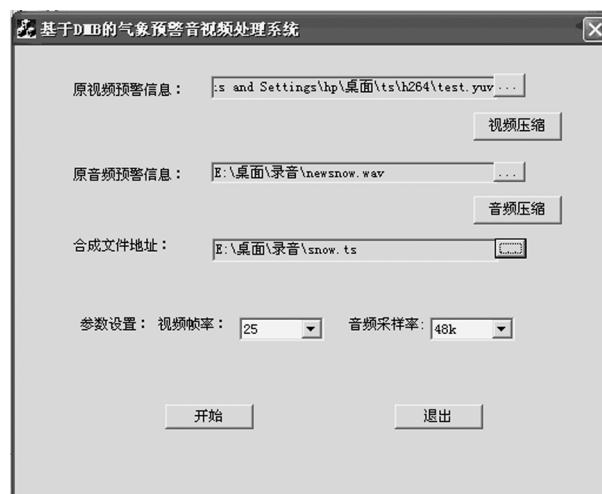


图6 系统软件主界面

Fig. 6 Main interface of the system

视频压缩单元软件界面如图7所示.该模块能够将输入的 yuv、y4m 等格式的预警视频信息转换为 264 格式的视频输出.该模块的编码算法代码采用的是开源代码 x264,但 DMB 系统对编码参数有一些限制,如参考帧队列的最大长度为 3、指明 picture order count 的编码方式为方式 2、Parameter Set 参数不写入压缩视频包中等^[10],因此需要对 x264 开源代码

进行修改.除此编码参数之外,输出帧头部分也需要修改,是因为在音视频合成时,需要根据音视频帧的长度来编码,所以视频帧原来的帧头是 00 00 00 01,要换成帧长度信息.最后把修改完成后的代码重新编译生成静态链接库,方便视频压缩单元的调用.



图7 视频压缩单元设计界面

Fig. 7 Video compression unit interface

音频压缩单元主界面如图 8 所示.该模块主要功能是将输入的 WAV、AIF 等格式的音频压缩转换成 AAC 格式的音频.该模块的压缩功能是采用音频压缩的 FAAC 代码实现的,即将开源代码封装成动态链接库并导出 EncOpen、EncEncode、EncSetConf、EncClose 等函数供音频压缩模块界面调用.



图8 音频压缩单元设计界面

Fig. 8 Audio compression unit interface

系统其他模块如 TS 合成模块、码率控制模块、信道编码模块的功能都在主界面“开始”按钮的点击事件中已实现.

4 结论

本系统实现的基于 DMB 的音视频预警信息发送前的预处理工作,是音视频预警信息利用 DAB 系统传输的必要过程.该系统能够合成多种格式的音视频预警信息,合成后的预警音视频信息通过 DAB/DMB 系统传输后到达接收端,能通过特定的播放器实现同步播放.该系统已成功应用到 DAB/DMB 预警信息接收项目中,实现了音视频预警信息通过 DAB 系统发射前的处理,经实践检验该系统方案切实可行,具有较大的实际应用价值.

参考文献

References

- [1] 李栋.数字多媒体广播[M].北京:电子工业出版社,2001:145-148
LI Dong. Digital multimedia broadcasting [M]. Beijing: Publishing House of Electronics Industry, 2001: 145-148
- [2] Liu Y, Li Z G, Soh Y C. Rate control of H.264/AVC scalable extension [J]. IEEE Transactions on Circuits and Systems for Video Technology, 2008, 18(1): 116-121
- [3] You Y, Jung S, Kim D K. Integrated mobile terrestrial digital multimedia broadcasting player compliant with the T-DMB, CMMB, and ISDB-T standards [J]. IEEE Transactions on Consumer Electronics, 2010, 56(2): 488-493
- [4] Moving Picture Experts Group. ISO/IEC 13818-1 Information technology-generic coding of moving pictures and associated audio information: Systems [S]. Switzerland: Geneva, 2000: 11-40
- [5] Moving Picture Experts Group. ISO/IEC 14496-1 Information technology-coding of audio-visual objects. Part 1: Systems [S]. Switzerland: Geneva, 2004: 18-82
- [6] 杨凤霞,王亚男.RS 编码原理及其在移动多媒体广播中的应用[J].电视技术,2010,34(增刊1):15-17
YANG Fengxia, WANG Yanan. Principles of RS coding and its application in CMMB [J]. Digital TV, 2010, 34 (sup1): 15-17
- [7] Claus B, Jiang W Y. Optimal choice of Reed-Solomon codes to protect against queuing losses in wireless networks [J]. The Journal of China Universities of Posts and Telecommunications, 2009, 16(3): 71-83
- [8] European Broadcasting Union. ETSI TS 102 427 v1.1.1 Digital audio broadcasting (DAB), Data broadcasting MPEG-2 TS streaming [S]. France: Sophia Antipolis Cedex, 2005: 6-8
- [9] 张超,顾晓峰,陆明莹,等.基于 VC 的 T-DMB 编码器的研究与实现[J].重庆邮电大学学报:自然科学版,2011,23(2):163-166
ZHANG Chao, GU Xiaofeng, LU Mingying, et al. Research and implementation of T-DMB encoder based

on VC[J]. Journal of Chongqing University of Posts and Telecommunications: Natural Science Edition, 2011, 23 (2): 163-166

[10] European Broadcasting Union. ETSI TS 102 428 v1.2.1

Digital audio broadcasting (DAB), DMB video service, User application specification [S]. France: Sophia Antipolis Cedex, 2009: 10-21

Pre-processing system of DMB early warning information based on bit-rate control

ZHANG Yan¹ CHEN Suting¹ SHEN Xiaodong²

1 School of Electronic & Information Engineering, Nanjing University of Information Science & Technology, Nanjing 210044

2 Nanjing China-Spacenet Satellite Telecom Co. Ltd, Nanjing 210061

Abstract To solve the singleness of audio broadcasting of the early warning information, a pre-processing system of DMB (Digital Multimedia Broadcasting) early warning information based on rate control was designed according to the study of DMB standards. The audio and video of the warning information were encoded by the algorithm of MPEG-4 HE AAC and H.264/AVC and synthesized into transport streams in this system firstly. Then in order to improve communication reliability, the transport streams were error corrected by Reed Solomon encoding and convolutional interleaving. Meanwhile, to solve the problem of the transmission instability rate and ensure the value of the rate to be constant, a transportation control method of audio and video matching control based on rate control is proposed. Through this method, the intelligent controlling of the output rate is realized by adopting inserting null packages. The whole system is validated by experiments and outperforms former DMB preprocessing system in both reliability and stability.

Key words meteorological early warning; early warning information; bit-rate control; digital multimedia broadcasting; transport stream