

Research on synchronous transmission and control technology of digital audio in radio and television engineering

Yingkui Liu

Qingyun County Media Center Dezhou City, Shandong, Dezhou, 253700, China

Abstract

The rapid advancement of digital audio technology has laid a solid foundation for the development of synchronized transmission and control systems in broadcast engineering. Audio plays a vital role in program production, remote live broadcasts, and broadcast operations. This paper focuses on analyzing key technologies, implementation methods, optimization techniques, and practical applications of digital audio synchronization in broadcasting systems. First, it examines core technologies for digital audio synchronization, including synchronized signal transmission, audio timestamping, error detection and recovery mechanisms, and other audio processing techniques. Second, it explores optimization strategies for digital audio synchronization control systems, covering feedback control mechanisms, dynamic adjustments, and multi-channel synchronization control solutions. Finally, the paper analyzes specific implementations of these technologies in broadcasting engineering and addresses common challenges encountered during their application.

Keywords

digital audio; synchronous transmission; synchronous control; radio and television

数字音频在广播电视工程中的同步传输与控制技术研究

刘英魁

山东省德州市庆云县融媒体中心, 中国·山东 德州 253700

摘要

数字音频技术的迅速发展也为广播电视工程中音频的同步传输与控制技术发展奠定了基础。在广播电视节目的制作、远程节目直播以及节目播出中音频都是很重要的。笔者在本文重点分析了广播数字音频的同步传输与控制技术的关键技术、实现和优化方法,以及在广播电视工程中的应用。首先针对广播电视工程中数字音频同步传输中关键技术进行了分析,其中包括音频的同步信号传输技术,音频的时间戳技术、音频的错误检测及恢复等音频技术。其次就是对数字音频同步控制技术的关键技术进行优化,包括了对反馈控制技术、动态调整和多通道的音频同步控制技术等。最后,对上述技术在广播电视工程中的具体应用及其遇到的困难等问题进行了分析。

关键词

数字音频; 同步传输; 同步控制; 广播电视

1 引言

由于广播电视行业一直在进行信息化、数字化快速发展,尤其在广播电视的多个音频信号源、复杂的制作环境等问题中,确保音频信号的同步传输与控制技术是数字广播电视系统保证音频同步传输及信号质量的重要技术之一。

2 数字音频同步传输的核心技术

2.1 同步信号传输技术

广播电视工程中的音频信号的同步传输技术是在广播电视的数字化传输过程中,使包括音频信号等多种信号具有

严格的时间一致性的必要手段。只有基于精确的时钟同步系统,才能使数字音频信号和其他信号都具有相同的时间参考。常用的同步传输方法主要有主时钟同步、分布式时钟同步和基于GPS的时间同步等。主时钟同步是实现音频信号同步传输最基本的同步方式,其是一种基于统一的中央时钟,让网络中的各个不同设备根据统一中央时钟来进行同步的时间参考,在同步过程中,每个节点的设备都必须通过一定的间隔时间来接收时钟的校准信息。分布式的时钟同步则可以在网络设备中,通过多个不同的时钟源来进行同步。相对与主时钟同步,分布式的时钟同步可以确保系统不会因为没有一个统一的时间钟源来进行时间参考而产生不同,也就是说在复杂的分布系统中,也可以实现同步,并允许一个节点的时钟出现故障而导致一个网络的节点不使用单一的时钟源来实现时钟同步。

【作者简介】刘英魁(1985-),男,中国山东德州人,本科,工程师,从事广播电视工程研究。

2.2 时间戳技术与同步精度

时间戳是数字音频在同步传输中极其重要的技术，时间戳就是将每一个音频包标记出精确的时间，从而将接收端音频数据包恢复成正确的顺序至关重要。数字音频在网络中传输时，因网络延迟、路由器的处理延时、设备性能等都可能让数据包乱序到达，为了防止音频信号顺序混乱或者造成太大的延时，时间戳可以将每一个音频包的时间准确地记录下来，在接收端以时间戳为依据重新按时间顺序播放或者处理音频信号。时间戳的精度要求很高，尤其在广电系统中对音频的同步精度的要求更是必须满足微秒的精度，若时间戳精度不高，就会造成音频偏移，也会直接影响音频与视频、字幕等元素不配套的同步效果，造成了很严重的观赏体验上的问题。要想保证同步精度，需要传输系统有极高的时钟源，而时间戳技术就依赖这些高精度的时钟系统，为每一个数据包标注正确的时间戳^[1]。

2.3 错误检测与恢复机制

数字音频同步传输的信号传输途径复杂，干扰因素很多，一定会造成数据的丢失、信号的破坏以及网络的延时问题。这样往往导致传输中的音频信号的失真、丢帧、甚至中断，给音频和其他信号的同步性带来很大的困扰和广播电视工程的极大挑战。因此在音频传输过程中往往都会应用许多错误检测或重试的方法和机制来确保音频传输的数据不会出现错误的情况。例如最常见的错误检测机制就是CRC校验、包丢失检测以及包丢失的重试。CRC校验就是计算传输中音频数据包的校验码，在数据传输中实时检查传输的信号中是否出现了损坏或丢包的情况，若出现了错误情况，则会自动请求重复重传该音频包。包丢失检测的技术可以实时监控数据传输中是否有数据包被丢失的情况，从而根据丢失数据包的位置来完成相应的检测和恢复工作。而对于数据包的重试则可以在数据包丢失时自动产生重传，以确保音频信号的完整性。

3 数字音频同步控制技术的实现与优化

3.1 反馈控制系统的作用与设计

数字音频的同步控制离不开反馈控制系统。在运行过程中，反馈控制系统的音频信号反馈控制系统会反复实时监测音频信号同步状况，然后将检测到的延迟或干扰导致的音频同步问题进行控制，使其进行及时纠正和控制。同时，反馈控制系统的首要工作任务就是通过自动控制音频信号的播放时长或延迟，将音频播放时间进行调整，与相应系统中的另一个或另一组音频保持同步。在该系统的设计中，会考虑到很多相关技术，比如延迟以及在运行过程中音频信号的传输抖动，不同设备间时钟的准确度和设备运行时外部环境带来的干扰，确保音频同步速度稳定的效果，通常会采用的控制算法主要包括PID控制、模糊控制、自适应控制等。在反馈控制系统中，最常见的就是通过调节PID控制中的

比例、积分、微分三个变量来实施反馈系统的控制，以尽可能最小化反馈系统的误差以及维持系统相对稳定的状态，从而得出精确的音频播放时间^[2]。

3.2 动态调整机制在同步中的应用

动态调整也是数字音频同步控制技术的关键环节，特别是在多设备、强动态应用中的体现。在使用中音频同步可能因设备性能不同、网络的瞬时突变、或者设备不同源等影响而呈现不同步状态。因此动态调整可以通过实时对音频信号的播放速度或者是延时时间进行调整，使音频信号和其他音频信号同步播放。并且运用算法可以在检测到音视频信号不同步后，自动进行调整，使其与视频信号、字幕等要素同步播放。广播电视工程中常在远程播放、直播以及多设备应用的情况下使用音频同步技术中的动态调整机制。在这种应用中信号源设备较多且设备性能、处理能力不同，音频同步则显得较难控制。在远程播放过程中信号源和终端设备如果产生延时不同步的情况，则在切换设备中音频信号和视频信号的传输会经过不同的网络，这时动态调整就会根据延迟时间和音频数据包的到达时长自动纠正音频播放时长以达到音视频同步播放。

3.3 多通道音频同步控制策略

在广播电视节目制作过程中，音频信号往往由多个音频通道构成，特别是在多音频源的信号源中，如何实现多通道的音频信号的同步传输与控制是亟待解决的问题。多通道音频同步控制技术的主要内容是确保多音频信号间在时间轴上的一致性，避免音频信号产生错位和不一致现象。常见的多通道的同步控制策略主要有基于时分复用(TDM)的同步控制、基于时钟的同步控制及基于网络协议的同步控制等。基于时分复用(TDM)方法是一种常用的同步控制技术，通过将多个音频信号进行时间上分割，划分为不同的时隙，每个音频信号都会在一定时间间隔内完成一次传输。TDM的同步精度在于时隙的时间，时隙越小，同步控制的精度越高。但时隙的宽度导致对时钟同步控制的精度也有了较高的要求。基于时钟的同步控制就是利用统一的时钟源控制各个音频信号，各个音频信号都通过一个主时钟源实现同步，统一的主时钟源不停地向所有的音频设备进行同步时间，避免了各个设备间时钟的偏差导致不同步问题出现。采用该种方式的优点是同步精度高，主要适用于对音频同步精度要求高的场合，但主要依赖时钟源的稳定和设备之间的时钟协调。

4 数字音频同步技术在广播电视工程中的实际应用

4.1 广播电视节目制作中的音频同步

对于广播电视节目制作来说，音频与视频、字幕等多种信号的同步关系对于最终节目的制作质量至关重要，无论是现场节目录制，还是后期节目制作的混音音频，都需要很高的音频同步效果，尤其对于大规模制作和直播节目来说，

即使有一点点音频与视频不同步的误差也会影响节目观赏效果,因此广播电视节目制作过程中广泛应用了很多现代技术手段进行音频的同步,比如,时间钟的同步方式是做好音频同步的前提,广播电视节目中的所有设备几乎都采用主钟、从钟的时间同步系统对时钟源进行控制,所有的音频、视频设备都是基于时钟同步原理按照相同的时间基准进行信号处理和传输,同时为了提升同步的精确度,通常都采用高精度时间钟源,比如GPS时间同步系统可达到纳秒级的精确度,而音频同步的另一关键方案就是应用反馈控制系统进行实时检测 and 对比音频信号与视频信号之间的差异,再通过反馈系统直接修正音频信号播放时间来避免时间偏差,反馈控制系统可以持续测试系统状态,能够不影响音频播放质量和效率情况下,及时纠正差错,保证所有信号间严格的时间一致性。

4.2 远程直播与播出中的音频同步挑战

随着网络直播技术的发展,音频的同步也变得更加复杂且棘手。在广播电视传统的节目制作方式中,大多是在相对固定的演播室环境内进行的,节目制作的信号源和控制设备相对集中,这导致音频同步技术非常容易实现。但是,近年来在广播电视远程直播过程中,广电工程需要面对全新挑战,尤其是大范围、跨区域的节目直播。在网络远程直播中,由于广播电视节目需要进行跨地域、多点、远程的同步播出,这也带来了更突出的音频同步难度。网络远程直播中出现的音频同步难度,主要来自于两个方面。一方面,由于音频信号传输需要依次流经多个网络环节,每一个网络环节都需要一定的网络传输延迟,在此期间有可能会产生音频与视频信号的错位,再加上其不同传输路径的延迟时间不同。另外一方面,在广播电视系统的播放过程中,其使用音频系统装置中可能会产生某些音频设备之间的差异,这些不同厂家设备本身的时钟精度、处理的运算速度、延迟时间等都不相同,这也进一步加大了远程广播电视音频信号同步的难度。因此,广播电视行业将时延补偿的技术应用在音频信号传输当中,在向接收设备推送远程广播电视音频信号时进行时延补偿,使得各个音频信号在同一时间推送到接受设备。远程直播的过程中,广播电视工程将直播信号传输中进行的网络传输,利用网络协议进行相关的优化调整,这是网络直播音频同步的高效解决方式^[3]。

4.3 音频监控与调整技术的实现

音频的监测和调整技术是保证广播电视节目标配音音

质的关键。无论是广播电视节目播出时还是后期编辑的时候,音频信号的音质和同步状态都会影响广播电视节目播出的终音质,音频的监控主要是在广播电视节目的录制或者播出期间对播出音频信号的质量和同步状态进行实时的监测,以便保证广播电视节目的录制时音频音质和视频、字幕等等信号都是完全同步的。

广播电视中音频监控系统的应用不单单对音频信号进行质量检测,也可以对音频与其他信号的音频同步偏移进行实时反馈。系统在检测出音频信号同步偏差后,自动调整机构会对音频信号进行实时调整。广播电视的音频监控系统包含多样的功能,如音频信号实时处理、延迟与同步状况检测、同步误差检测、同步误差反馈等,可以根据实时的音频监控信号对同步状况做出快速检测并及时进行调整。广播电视中的自动化音频调整系统主要针对于广播电视当中复杂的节目编辑、播出等工作。音频自动调整可以利用实时反馈的检测数据,实现自动识别音频信号当中同步偏差、对其进行自动的修正处理。自动化音频调整系统常常借助动态调节和反馈的控制技术对音频信号进行调整,可以在每个音频包的时间戳与音频播放的时间是互为其他音频信号保持一致的基础上进行处理。例如音频信号播放的播放速度或延迟时间可以根据音频信号与视频信号同步误差的实际情况,对音频信号进行相应的处理,如增加播放速度或延迟时间^[4]。

5 结语

在数字音频技术不断发展的背景下,广播电视工程中的音频同步传输与控制技术也在不断的突破发展,使用高精度同步信号的传输技术、时间戳技术、反馈控制系统、动态调节技术等实现了对音频同步问题的有效解决。未来,伴随着5G技术、人工智能等技术的应用,数字音频同步技术将会在广播电视行业的应用中起到更加重要的作用,为行业的发展提供强有力的保障。

参考文献

- [1] 李志远. 数字音频广播CDR技术在广播电视工程中的应用[J]. 电视技术, 2025, 49 (07): 121-123.
- [2] 张威智. 广播电视工程中数字音频传输的抗干扰与容错技术分析[J]. 电声技术, 2025, 49 (04): 92-95.
- [3] 马杰. 广播电视工程中数字音频技术的优势及其应用[J]. 中国新通信, 2025, 27 (08): 64-66.
- [4] 斯琴. 数字音频技术在广播电视技术工程中的应用[J]. 采写编, 2025, (04): 91-93.