

一种全方位无死角智能录音系统设计

崔慧海 刘烨 陈震宇

浙江省宁波市中级人民法院, 浙江省宁波市, 315040;

摘要: 在数字化浪潮下, 司法、金融、教育等领域对信息精准记录的需求日益迫切, 录音系统作为信息采集核心载体, 其性能直接影响业务效率与决策质量。传统录音系统因拾音范围受限、抗干扰能力薄弱、稳定性不足等问题, 在多席位动态场景(如司法庭审)中易出现声音遗漏、录音失真或记录断档, 严重制约行业规范化运转。

针对上述痛点, 本研究设计一种全方位无死角智能录音系统, 通过“全指向拾音布局+三级音频处理机制+多轨同步技术”的软硬件融合方案, 实现复杂场景下声音的清晰采集、精准处理与安全存储。该系统以“全场景拾音、全链路降噪、全流程可控”为核心目标, 不仅填补了传统技术在多席位动态场景的应用空白, 更为司法等行业的数字化转型提供了关键技术支撑。

关键词: 阵列麦克风; 回声消除; 智能降噪; 语音激励; 证据效力

DOI: 10.64216/3080-1508.25.07.048

1 引言

1.1 研究背景

随着数字技术向各行业深度渗透, “信息全量记录、精准复用”已成为业务规范化、智能化的核心支撑。在司法领域, 庭审过程的完整记录是保障司法公正、提升审判公信力的法定要求, 录音作为庭审记录的法定形式之一, 其质量直接关系到案件事实还原的准确性; 在金融领域, 会议协商、业务沟通的录音记录是合规审计的核心依据; 在教育领域, 课堂互动、研讨交流的录音是教学复盘与质量优化的重要素材。此类场景对录音系统的“全场景覆盖、高保真还原、全流程可靠”提出了刚性需求。

1.2 现有问题

传统录音系统在复杂场景中暴露出难以规避的局限:

拾音覆盖不足: 依赖定向麦克风的固定角度采集, 在多席位动态发言场景, 如庭审中当事人移动、多人交替发言等, 容易形成拾音盲区, 导致关键语音信息遗漏;

抗干扰能力薄弱: 诸如空调声、人员走动的噪声等环境噪声、设备信号冲突的电磁干扰及扩音啸叫等问题普遍存在, 录音信噪比低, 易出现语音模糊、失真, 影响信息提取效率;

系统稳定性欠缺: 设备硬件故障、音视频同步误差等问题易导致记录断档, 尤其在司法庭审等严肃性场景中, 可能引发程序瑕疵, 甚至影响司法公正。

这些问题使得传统录音系统难以适配多席位动态场景的核心需求, 技术升级迫在眉睫。

1.3 研究目的与意义

本研究针对司法庭审等多席位动态场景的录音需求, 设计全方位无死角智能录音系统, 核心目的是通过硬件架构创新与智能算法融合, 系统性解决传统系统的拾音盲区、抗干扰弱、稳定性不足等痛点。

研究意义体现在三方面:

技术层面: 突破定向拾音局限, 构建全场景覆盖的拾音方案与智能降噪体系, 填补传统录音技术在复杂动态场景的应用空白;

应用层面: 通过标准化录音流程与高保真记录, 提升司法庭审、金融会议等场景的记录规范性, 减少因录音问题导致的业务风险;

行业层面: 为各领域数字化转型中的“信息采集环节”提供可复用的技术框架, 助力业务效率提升与智能化升级。

2 系统构成

2.1 智能拾音

核心拾音设备采用方形全指向麦克风设计, 这种麦克风能够实现 360 度均匀拾音, 非常适合捕捉环境音或多人声音的场景, 如会议录音和环境声采集。其咪头设计确保了卓越的拾音性能, 能够最大程度地还原原始声音的真实感。其拾音范围精准覆盖 10-80 公分, 这一范围经过精心设计与反复测试, 能够有效捕捉发言人在正常活动范围内的声音。即便发言人头部出现一定幅度的摆动, 也能确保稳定收音, 避免声音的遗漏或失真, 为后续的音频处理提供高质量的原始素材。在实际应用场景中, 依据不同的场所布局与人员分布情况, 制定了科学合理的配置方案。审判席每席位配备 1 支麦克风, 共

计3支,确保审判人员的发言能够被清晰采集。书记员席配置1支,用于准确记录庭审过程中的相关信息。原告席与被告席各配置3支,充分考虑到可能存在多方当事人的情况,预留了充足的拾音设备,从而实现法庭内各席位发言的无死角捕捉,全面保障庭审录音的完整性。

2.2 智能扩音

智能扩音由多个关键设备协同运作,包括无源吸顶音箱、智能功放、音频处理器及数字反馈抑制器。无源吸顶音箱的布置经过精确的声学计算与模拟,能够根据法庭等场所的空间布局,实现均匀且精准的声场覆盖,使声音能够清晰、均衡地传播到每一个角落,确保各个位置的人员都能清晰地听到扩音内容。智能功放具备过载、过热、直流三重保护功能,为音箱提供充足、稳定的驱动力,保障扩音效果的稳定性与可靠性。音频处理器则是系统的智能中枢,它支持自动降噪、增益调节与语音激励信号输出等功能。音频处理器能够实时、精准地分析输入的音频信号,自动降低环境噪声,根据不同发言人的声音特点智能调节增益,使声音更加清晰、自然。数字反馈抑制器提供多路麦克风独立接入与48V幻象供电,通过全双工回声消除算法消除啸叫,够实时监测音频信号中的回声与啸叫成分,并通过算法进行反向抵消,保障语音的纯净度,避免因回声与啸叫严重影响扩音效果,为用户提供清晰、纯净的听觉体验。

2.3 智能录音

录音管理软件与数字法庭系统深度融合、紧密协同,实现音视频文件的时序精准同步,确保录音与视频画面在时间上的精确匹配,为后续的案件审理与查阅提供准确、一致的信息。软件能够与法庭的开庭、休庭等状态实现智能联动,自动启动或停止录音,有效避免人工操作失误,提高录音工作的准确性与效率。系统具备实时监控功能,能够在操作界面上直观、清晰地显示麦克风的工作状态,包括是否正常拾音、音量大小等信息。还能精准显示发言时长,方便统计不同人员的发言时间,为案件分析提供数据支持。实时展示音频波形,帮助工作人员直观了解音频信号的变化情况,及时发现异常。当出现异常音量时,系统能够通过图像与声音双重提醒,及时、有效地通知工作人员进行处理,确保录音过程的全程可控,保障录音质量。

2.4 智能录音回放

系统利用先进的多轨数字音频技术,实现庭审过程中的高效回放功能。支持对庭审参与人的发言进行独立回听,确保在回放时能够清晰地分辨出指定人员的声音,避免了其他声音的干扰。这不仅提高了信息检索的效率,也增强了信息检索的准确性。系统与庭审视频实现了同

步时间戳,在回放音频的能够精准定位到对应的视频画面,方便法官等人员快速定位重点发言内容,大幅提升了查阅效率,彻底解决了传统回放需全程监听的痛点,为案件审理工作提供了极大的便利。

3 核心技术特点

3.1 全方位无死角拾音

通过科学的布局策略,结合声学定位原理和智能算法,可以有效提升声音采集的精准度。在法庭场景中,审判席、原告席、被告席等关键位置的麦克风布置,考虑了人员分布规律与活动范围,确保发言人声音的高效采集。这种创新的布局方式彻底打破了传统定向麦克风在拾音角度上的局限,无论发言人是正对着麦克风,还是向左右两侧有一定偏移,麦克风都能以相同的高灵敏度采集声音,真正实现了全方位无死角的拾音效果,为获取完整、准确的音频信息奠定了坚实基础。方形全指向麦克风采用先进的单咪头设计,在硬件性能上进行了深度优化。其内部的传感器具备超高灵敏度与宽动态范围,能够敏锐捕捉到极其微弱的声音信号,同时在面对较大音量时也不会出现失真现象。这使得在复杂的环境中,如法庭内存在多人同时发言、环境噪声干扰等情况下,麦克风依然能够清晰、准确地采集到每个发言人的声音,实现无死角的声捕捉,为后续的录音与处理提供高质量、高保真的音频素材,有力保障了录音内容的完整性与准确性。

3.2 智能降噪与抗干扰

得益于优秀的音频处理机制的协同和高效工作,系统实现了超过92dB的高信噪比,确保了录音质量的卓越表现。高信噪比意味着录音中的有用信号(即发言人的声音)强度远高于噪声信号强度,使得录音中的语音细节能够完整、真实地保留,即使在较为嘈杂的环境中,也能清晰还原发言人的声音,为后续语音识别、分析等环节奠定了坚实的数据基础,从而显著增强了录音系统在复杂环境下的实用性和可靠性。

3.3 精准语音激励与联动

音频处理器采用先进的声音定位算法,类似于司法领域中应用的语音识别技术,通过对多个麦克风采集到的声音信号进行深入分析与精准比较,能够快速、准确地区分不同方向的音源。在法庭场景中,当不同位置的人员发言时,音频处理器能够迅速、敏锐地判断出发言人的位置,并根据这一信息输出相应的精准控制信号,为后续的设备联动提供准确依据。音频处理器输出的激励信号与庭审主机进行高效联动,进而实现对发言者的图像跟踪。音频处理器一旦检测到发言者的声音,便会立即向高清庭审主机发送信号,主机随即迅速响应,指

挥摄像机精确转动,确保镜头准确捕捉发言者,从而实现声音与图像的完美同步记录。这种创新的联动机制使得庭审记录更加直观、全面,为后续的案件审理与查阅提供了极大的便利,能够让法官等人员更加清晰地了解庭审过程中各方的发言与表情等信息,提升案件审理的准确性与公正性。

4 应用价值

4.1 提升审判效率

一是减少人工记录误差,在传统的庭审过程中,书记员主要依靠人工记录庭审内容,这不仅耗费大量的时间与精力,而且容易出现记录不准确、遗漏重要信息等问题,影响庭审记录的质量与效率。本智能录音系统通过自动、精准的录音记录,能够完整、准确地记录庭审中的每一个细节,书记员只需对录音文件进行简单的核对与整理,此举极大缩减了人工记录的时间成本,降低了误差率,显著提升庭审记录的效率与质量,为案件审理的后续工作奠定了坚实的信息基础。二是快速定位关键信息,智能录音回放系统的多轨回放功能,使得法官在案件复盘时能够快速、精准地定位到关键发言内容。法官无需再像传统方式那样全程监听录音,只需通过选择对应的人员轨道,就能直接找到所需的发言片段,结合与视频的同步时间戳,能够迅速了解当时的庭审情况,大幅缩短了案件复盘时间,提高了审判效率,使法官能够将更多的时间与精力投入到案件的审理与分析中,提升案件审理的速度与准确性。

4.2 保障司法公正

全程无死角的录音为庭审提供了完整、客观的原始依据。在案件审理过程中,无论是当事人的陈述、证人的证言,还是法官的询问与判决,都被准确、真实地记录下来。这使得在后续的案件审查、上诉等环节中,能够真实、全面地还原庭审现场,确保当事人的权益得到充分保障,避免因记录不完整或不准确而导致的司法不公,维护司法的公正性与权威。完整、准确的庭审录音记录向当事人与公众展示了司法审判的全过程,极大地增强了司法透明度。公众能够通过合法途径查阅庭审录音,了解司法审判的公正性与规范性,从而提升对司法系统的信任度,增强司法公信力,维护社会的法治秩序,促进社会的和谐稳定发展。

4.3 推动信息化建设

智能录音系统与现有数字法庭系统实现深度的无缝对接,能够将声音、图像以及庭审状态等信息进行一体化管理。在庭审过程中,录音系统与视频监控系統紧密配合,不仅能够准确记录各方人员的发言内容,还能

同步记录其表情、动作等非语言信息,为案件审理提供更加全面、丰富的信息资源。系统能够实时获取庭审的状态信息,如开庭、休庭、质证等环节,实现对庭审流程的精准把控与记录,有效提升了数字法庭的信息化管理水平,为司法工作的高效开展提供有力支持。

4.4 拓展多领域应用

除司法领域外,该系统在金融与教育领域同样具有重要应用价值。在金融领域,可满足投行会议、信贷审核等场景的合规录音需求,通过高保真录音与精准时间戳,为监管审计提供不可篡改的原始依据,降低合规风险;在教育领域,能够完整记录课堂教学互动与学术研讨过程,为教学评估、课程优化提供真实素材,同时支持师生通过多轨回放功能精准回顾重点内容,提升教学质量与学习效率。

5 结束语

本文针对传统录音系统在多席位动态场景中的拾音局限、抗干扰薄弱、稳定性不足等问题,设计并实现了一种全方位无死角智能录音系统。通过全指向麦克风优化布局、三级音频处理机制与多轨同步技术的融合应用,系统实现了360度无死角拾音、智能降噪抗干扰及音视频精准联动,有效解决了司法庭审等场景的录音痛点。

实际应用表明,该系统可显著提升录音完整性与清晰度,缩短庭审记录整理时间,保障司法公正,同时推动数字法庭的信息化整合。后续研究可进一步优化声音定位算法的实时性,将定位响应时间压缩至30ms以内,并拓展系统在金融会议、远程教学等多场景的适应性,开发场景自适应配置模块,为更多领域的信息精准记录提供技术参考。

参考文献

- [1] 范亚超. 噪声环境下阵列麦克风去混响算法研究[D]. 福建: 厦门大学, 2019.
- [2] 张伟, 王冬霞, 于玲. 智能音箱中的一种快速回声消除算法[J]. 计算机应用, 2020, 40(4): 1191-1195. DOI: 10.11772/j.issn.1001-9081.2019081482.
- [3] 蓝天, 彭川, 李森, 等. 单声道语音降噪与去混响研究综述[J]. 计算机研究与发展, 2020, 57(5): 928-953. DOI: 10.7544/issn1000-1239.2020.20190306.
- [4] 刘肖静, 孙超. 一种利用语音激励源信息定位的声源跟踪方法[C]//2009年上海-西安声学学会学术交流会议论文集. 2009: 124-127.
- [5] 林海. 录音录像在司法实务中的证据效力[J]. 青年与社会, 2013(16): 68-69.