

ICS 33.160.30

CCS M72

团体标准

T/CAIACN XXXX—2024

无损无线音频 技术与设备规范及测试方法

Lossless Wireless Audio;

Technical Requirements, Terminal Specification and Test
Methods

2024 - XX - XX 发布

2024 - XX - XX 实施

中国电子音响行业协会 发布

目 录

无损无线音频 技术与设备规范及测试方法	1
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	2
3.1 数字音频裸流 raw digital audio	2
3.2 无损音频编解码器 lossless audio codec	2
3.3 有损音频编解码器 lossy audio codec	2
3.4 高清无损音频编解码器 High-Resolution lossless audio codec	3
3.5 基础无损音频编解码器 basic level lossless audio codec	3
3.6 窄带短距无线传输技术 narrowband short-range wireless transmission technology	3
3.7 宽带短距无线传输技术 broadband short-range wireless transmission technology	3
3.8 无损模式 lossless mode	3
3.9 自适应无损模式 adaptive lossless mode	3
3.10 平均绝对误差 mean absolute error (MAE)	3
3.11 均方误差 mean-square error (MSE)	3
3.12 客观差异等级 objective difference grade (ODG)	4
3.13 丢包 packet loss	4
3.14 (声)透传 hear through	4
3.15 卡顿 stuck	4
3.16 pop 音 pop-noise	4
4 缩略语	4
5 无损无线音频技术要求	5
5.1 总体技术要求	5
5.2 音频编解码器技术要求	7
5.3 无线传输要求	8
5.4 延时性能要求	10
5.5 抗干扰性能要求	10
5.6 主动降噪要求	12
5.7 透传要求	13
5.8 续航要求	13
6 无损无线音频检测方法	13
6.1 测试条件	13
6.2 Codec 性能测试	14
6.3 高清音频无线传输性能测试	14

6.4 时延性能测试方法	17
6.5 抗干扰性能测试	18
6.6 主动降噪性能测试	20
6.7 降噪对音质影响性能测试	20
6.8 透传性能测试	21
6.9 续航性能测试	21
6.10 主观听音测试	21
6.11 电声性能测试	21
附录 A 客观差异等级 Objective difference grade (ODG)	23
附录 B 短距无线传输空口损耗参考模型	24
B.1 链路预算:	24
B.2 路径损耗:	24
B.3 弗里斯传输方程:	24
B.4 地面反射模型	25
附录 C 无线音频系统音视频延时优化参考实现	26
C.1 范围	26
C.2 缩略语	26
C.3 技术原理	26
C.4 音视频低延时参考实现	26
C.4.1 第三方定制媒体播放器参考实现	27
C.4.2 OpenSL ES 框架下的参考实现	27
附录 D 真实场景电磁干扰特性描述	29
D.1 描述方法:	29
D.2 描述举例:	29
附录 E 降噪、透传指标定义及计算方法	30
E.1 最大降噪深度	30
E.2 降噪频宽	30
E.3 主动降噪平均深度	30
E.4 左右耳降噪一致性	30
E.5 透传频宽	31
E.7 左右耳透传一致带宽	31
参考文献	32

前 言

本文件按照 GB/T 1.1-2020 给出的规则起草。

中国电子音响行业协会（China Audio Industry Association，简称 CAIA）自 1983 年成立以来就以“服务企业，献策政府”为宗旨。是我国最早成立的跨地区、跨部门、跨系统，具有社团法人资格的全国性社会团体（国家一级行业协会）。

组织开展电子音响领域国际、国内标准化活动，制定中国电子音响行业协会团体标准（以下简称：中音协团标），满足行业需要，推动行业标准化工作，是中国电子音响行业协会的重要工作。协会的所有会员，均有权利提出制、修订中音协团标的建议并参与有关工作。

中音协团标按《中国电子音响行业协会团体标准建设管理办法》进行制定和管理。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

在本文件实施过程中，如发现需要修改或补充之处，请将意见和有关资料报送中国电子音响行业协会，以便修订时参考。

本文件由中国电子音响行业协会、中国电子技术标准化研究院、华为终端有限公司提出。

本文件由中国电子音响行业协会归口。

本文件起草单位：中国电子音响行业协会、中国电子技术标准化研究院、（待完善）。

本文件主要起草人：（待完善）。

本文件为首次制定。

本文件首次发布：XX年XX月XX日。

无损无线音频 技术与设备规范及测试方法

1 范围

本文件规定了无损无线音频技术与设备的技术要求和测量方法,本标准主要从无损无线音频编解码、无线传输、抗干扰能力、场景适配、降噪、续航等维度规范无损无线音频技术与设备。本标准规定的测试场景主要包括:通过无线音频设备播放音乐声音、视频声音、游戏声音。

本文件适用于通过无线通信技术连接、可支持无损无线音频播放的源(SRC)端和宿(SNK)端产品,其中SRC端可包括移动智能终端、平板计算机、个人计算机、无线音乐播放器、智能电视、智能手表等具备音源解码和无线音频传输能力的产品,SNK端可包括无线耳机、无线音响、无线音频功放等具备无线音频接收和播放能力的产品。

2 规范性引用文件

下列文件对于本文件的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件,仅所注日期的版本适用于本文件。凡是不注日期的引用文件,其最新版本(包括所有的修改单)适用于本文件。

GB/T 9002-2017 音频、视频和视听设备及系统词汇

GB 9254-2008 信息技术设备的无线电骚扰限值和测量方法(CISPR 22:2006, IDT)

GB/T 12060.5-2011 声系统设备 第5部分:扬声器主要性能测试方法

GB/T 12060.7-2013 声系统设备 第7部分:头戴耳机和耳机测试方法(IEC 60268-7:2010, MOD)

GB/T 12060.13-2013 声系统设备第13部分:扬声器听音试验

GB/T 14471-2013 头戴耳机通用规范

GB/T 25498.5-2017 电声学人头模拟器和耳模拟器第5部分:测量助听器和以插入方式与人耳耦合的耳机用 2cm^3 声耦合器

SJ/T 11157.2-2015 电视广播接收机测量方法 第2部分:音频通道的电性能和声性能测量方法

SJ/T 11343-2015 数字电视液晶显示器通用规范

SJ/T 11540-2015 有源扬声器通用规范

YD/T 4007-2022 无线短距通信 车载空口技术要求和测试方法

T/XS 10002-2022 星闪无线通信系统 低功耗技术要求和测试方法

T/CA 109-2020 蓝牙耳机技术要求

T/CAIACN 003-2020 蓝牙耳机测量方法

IEEE 802.11ax-2021. IEEE Standard for Information Technology--Telecommunications and Information Exchange between Systems Local and Metropolitan Area Networks--Specific Requirements Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications Amendment 1: Enhancements for High-Efficiency WLAN (IEEE 信息技术标准—系统局域网和城域网间电信和信息交换规范 第11部分:无线局域网(Wireless LAN)介质访问控制(MAC)和物理层(PHY))

规范修订 1: 高效 WLAN 增强)

IEEE 802.15.4a-2007. IEEE Standard for Information technology-- Local and metropolitan area networks-- Specific requirements-- Part 15.4: Wireless Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY) Specifications for Low-Rate Wireless Personal Area Networks (WPANs): Amendment 1: Add Alternate PHYs (IEEE 信息技术标准 - 局域网和城域网技术要求 - 第 15.4 部分: 低速无线个域网 (WPANs) 的无线介质访问控制 (MAC) 和物理层 (PHY) 规范: 修订 1: 添加备用 PHYs)

IEEE 802.15.4z-2020. IEEE Standard for Low-Rate Wireless Networks--Amendment 1: Enhanced Ultra Wideband (UWB) Physical Layers (PHYs) and Associated Ranging Techniques (IEEE 低速无线网络标准-修订 1: 增强型超宽带(UWB)物理层(PHY)和相关测距技术)

T/XS XXXX - 2022 星闪无线通信系统 接入层低功耗技术要求 (待完善)

ITU BS.1387-1. (PEAQ) Method for objective measurements of perceived audio quality (感知音频质量的客观测量方法)

ETSI TS 103 224 V1.5.1 (2020-03). Speech and multimedia Transmission Quality (STQ) (语音和多媒体传输质量)

EN 50332-2-2013. Sound system equipment: Headphones and earphones associated with personal music players - Maximum sound pressure level measurement methodology - Part 2 (声系统设备: 个人音乐播放器及相关耳机和耳塞-最大声压级测量方法-第 2 部分)

IEC 60318-7:2022. Electroacoustics - Simulators of human head and ear - Part 7: Head and torso simulator for the measurement of sound sources close to the ear (电声学-人头和耳朵模拟器-第 7 部分: 用于测量靠近耳部声源的头和躯干模拟器)

IEC/IEEE 62209-1528:2020 Measurement procedure for the assessment of specific absorption rate of human exposure to radio frequency fields from hand-held and body-worn wireless communication devices - Human models, instrumentation and procedures (Frequency range of 4 MHz to 10 GHz) (评估人体暴露于来自手持和身体穿戴无线通信设备的射频场比吸收率测量程序-人体模型、仪器和程序(频率范围为 4 MHz 至 10 GHz))

3 术语和定义

GB/T 9002-2017、GB/T 12060.7-2013、GB/T 12060.13-2013、T/CA 109-2020、T/CAIACN 003-2020界定的以及下列术语和定义适用于本文件。

3.1 数字音频裸流 raw digital audio

由模拟音频信号经过采样、量化、编码得到的未经压缩的数字音频数据,如PCM、Wave 等。

3.2 无损音频编解码器 lossless audio codec

可保证解码后数字音频裸流与编码前的数字音频裸流每比特(bit)的信息都完全一致的音频编解码器。

3.3 有损音频编解码器 lossy audio codec

不能保证解码后数字音频裸流与编码前的数字音频裸流每比特（bit）的信息都完全一致，牺牲部分信息以获取更高压缩比的音频编解码器。

3.4 高清无损音频编解码器 High-Resolution lossless audio codec

可支持采样率/位深为48kHz/24bit及以上的高清数字音频编解码的无损音频编解码器。

3.5 基础无损音频编解码器 basic level lossless audio codec

支持采样率/位深为44.1kHz/16bit、48kHz/16bit的数字音频无损编解码的无损音频编解码器。

3.6 窄带短距无线传输技术 narrowband short-range wireless transmission technology

信号所占据的频带宽度 $\leq 5\text{MHz}$ 的短距无线传输技术，如蓝牙（<https://www.bluetooth.com/specifications/>）、星闪低功耗技术（SparkLink Low-Energy, T/XS 10002-2022）等。

3.7 宽带短距无线传输技术 broadband short-range wireless transmission technology

信号所占据的频带宽度 $>5\text{MHz}$ 的短距无线传输技术，如Wi-Fi (IEEE 802.11ax-2021)、超宽带（UWB, IEEE 802.15.4a, IEEE 802.15.4z）、星闪基础接入技术（SparkLink Basic, YD/T 4007-2022）等。

3.8 无损模式 lossless mode

无线音频系统使用窄带短距无线传输技术进行音频传输时，可适度牺牲传输延迟、连接稳定等性能、默认使用无损音频编解码器以保障音频经过编码传输后可以比特（bit）一致的在宿端还原。

制造商可以自行定义该模式的具体名词，如无损音质优先、无损音乐模式等。

3.9 自适应无损模式 adaptive lossless mode

无线音频系统使用窄带短距无线传输技术进行音频传输时，在传输速率可以支持音频无损传输时，优先使用无损音频编解码器以优先保障音频经过编码传输的后质量可以比特（bit）一致的在宿端还原。在因无线干扰等原因导致传输速率无法支持音频无损传输时，可以自适应切换到有损音频编解码器以保障连接稳定性、传输时延等性能；当干扰降低，传输速率可以支持音频无损传输时，应能切换回默认的无损音频编解码器。

制造商可以自行定义该模式的具体名词，如无损优先、智能无损模式等。

3.10 平均绝对误差 mean absolute error (MAE)

平均绝对误差（MAE）是对表达相同现象的成对观察之间的误差的度量。在本文件中用于度量源端初始的音频裸流 $x(n)$ 与经过编解码传输后宿端得到的音频裸流 $y(n)$ 见的误差，平均绝对误差MAE被计算为绝对误差之和除以样本量：

$$\text{MAE}(x, y) = \frac{\sum_{i=1}^n |y_i - x_i|}{n}$$

MAE(x, y)为0时，可以推断编码传输前后的数字音序列是bit一致的，即无损的。

3.11 均方误差 mean-square error (MSE)

均方误差（MSE）在本文件中用于度量源端初始的音频裸流 $x(n)$ 与经过编解码传输后宿端得到的音频裸流 $y(n)$ 见的误差，均方误差（MSE）被计算为对应位的误差平方之和除以样本量：

$$\text{MSE}(x,y) = \frac{\sum_{i=1}^n (y_i - x_i)^2}{n}$$

MSE (x,y) 为0时，可以推断编码传输前后的数字音频序列是bit一致的，即无损的。

3.12 客观差异等级 objective difference grade (ODG)

客观差异等级（ODG）是一种具有可重复性、高效的，旨在用客观的指标反应人主观对于音质的评价方法；ODG标准基于：ITU BS.1387-1.(PEAQ)；ODG有效分数范围在：0 到 -4 分（当ODG ≥ 0 时说明被测音频信号与参考音频信号间的差异主观不可察觉）。

注：ODG具体介绍见附录A。

3.13 丢包 packet loss

无线系统传输数据时，有一个或多个数据包（Packet）丢失，未能通过无线连接传输到指定目的地。

3.14 （声）透传 hear through

本文件中“透传”主要指耳机类终端将外部环境的目标声音信息传输到人耳，使用户可以在佩戴终端设备的情况下可以听到外部人声、环境声等有用信息。

3.15 卡顿 stuck

卡顿是实时音频传输过程中，因网络条件、设备性能受限等原因，引起可被用户感知的音频播放断续、不流畅、甚至定格等现象。

3.16 pop 音 pop-noise

pop音是音频系统中，因codec启停/切换、电容快速充电、电声器件直流电平跳变等因素导致、或其他瞬态变化所产生的可被用户感知的爆破噪声。

4 缩略语

下列缩略语适用于本标准。

SRC: 音频信号源端 (Audio Signal Source)

SNK: 音频信号宿端 (Audio Signal Sink)

MAE: 平均绝对误差 (Mean absolute error)

MSE: 均方误差 (Mean-square error)

Tx: 无线信号发射机 (Transmitter)

Rx: 无线信号接收机 (Receiver)

ODG: 客观差异等级 (Objective Difference Grade)

A2DP: 高级媒体音频分发协议 (Advanced Audio Distribution Profile)

THD+N: 总谐波失真加噪声 (Total Harmonic Distortion + Noise)

DAC: 数字模拟转换 (Digital to Analog Conversion)

AMP: 放大器 (Amplifier)

Codec: 编解码器 (Coder-Decoder)

PCM: 脉冲编码调制 (Pulse-code Modulation)

MTU: 最大传输单元 (Maximum Transmission Unit)

FFT: 快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform)

5 无损无线音频技术要求

5.1 总体技术要求

5.1.1 无损无线音频系统播放流程

无损无线音频系统由SRC端和SNK端构成,两者可通过窄带短距无线传输技术和宽带短距无线传输技术两种模式连接,结合无损无线音频编码器或直接传输数字音频裸流的方式,使音频可以经过无线音频模块实现bit一致的无损传输。

通过窄带无线连接时,系统的总体工作流程如图1a所示。SRC端对来自网络或本地文件的音频码流进行音源解码得到数字音频裸流,混音器对SRC端各数字音频裸流信号进行混音渲染,无线音频编码单元对混音后的信号进行无线音频编码,通过无线传输系统将编码后信号传输到SNK端;SNK端对接收到的信号进行无线音频解码获得裸流数字音频信号,将该数字音频信号进行数模转换和放大后,通过发声单元进行播放。

通过宽带无线连接时,系统的总体工作流程如图1b所示。SRC端对来自网络或本地文件的音频码流进行音源解码得到数字音频裸流,混音器对SRC端各数字音频裸流信号进行混音渲染, SRC可通过无线音频编码单元对混音后的信号进行无线音频编码,通过无线传输系统将编码后信号或数字音频裸流传输到SNK端;SNK端可对接收到的信号进行无线音频解码得到或直接接收数字音频裸流,将该数字音频裸流信号进行数模转换和放大后,通过发声单元进行播放。

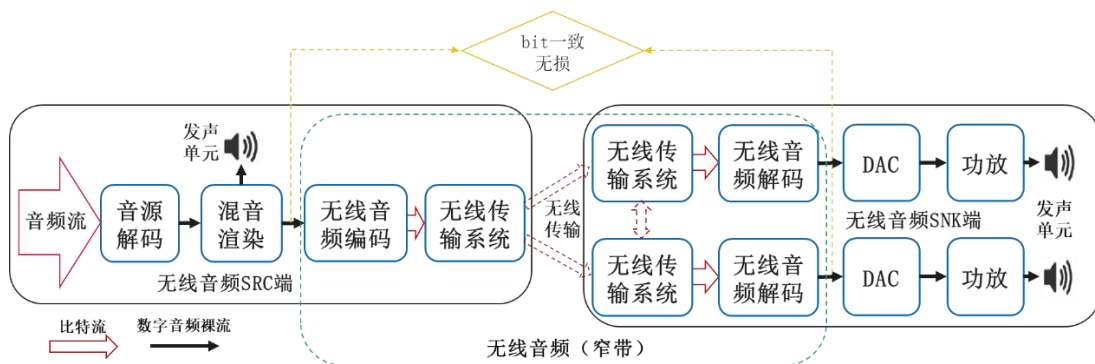


图1a 无损无线音频系统音频播放流程图（窄带）

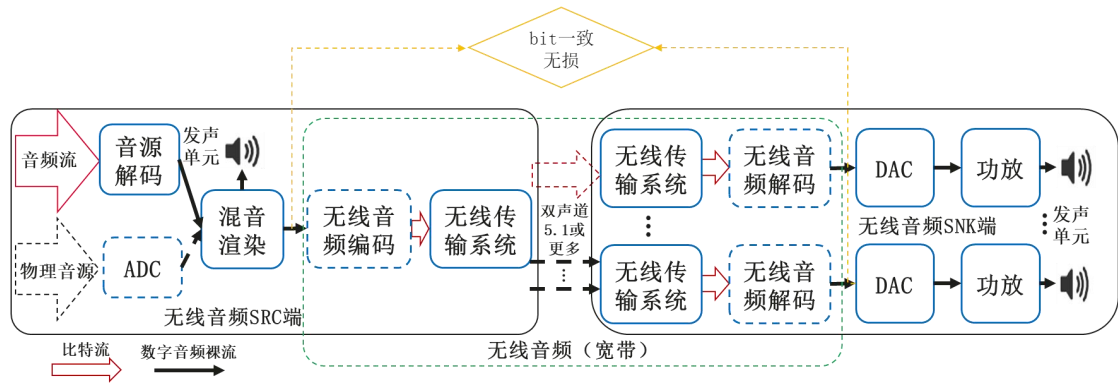


图1b 无损无线音频系统音频播放流程图（宽带）

无线音频传输技术和无线音频Codec技术是无损无线音频体验的基础，是本标准关注的核心部分。此外，由于头戴式（耳罩式）SNK端的降噪能力对于日常环境下无损音频的用户体验有直接影响，SNK端的续航能力直接影响无损无线音频的可用性，也是本标准的关注范围。

5.1.2 SRC 端设备基本技术要求

1. 移动智能终端、平板计算机、个人计算机、智能电视、车载智能终端、音视频功放、VR/AR等高算力SRC端（内存宜 $\geq 512\text{MB}$ ）应符合：

表 1 高算力 SRC 端技术要求

序号	项目	技术要求
1	音源解码	应支持数字音源解码，并输出数字音频裸流，如 PCM 格式音频；支持同时解码的声道数应 ≥ 2 ，宜 ≥ 6 （5.1），推荐 ≥ 16 （3阶 HOA，或 7.1.4+4 对象）；
2	混音渲染	宜支持 ≥ 6 （5.1），推荐 ≥ 16 （3阶 HOA，或 7.1.4+4 对象）路音频的混音渲染处理；
3	无线传输	应支持 ≥ 1 种窄带短距无线传输技术和 ≥ 1 种宽带短距无线传输技术；传输速率应能够满足传输双声道无损音频的需求；
4	无线音频编码	窄带传输时，应支持 ≥ 1 种无损音频编码器，宜支持 ≥ 1 种高清无损音频编码器；宽带传输时，应支持 ≥ 1 种数字音频裸流或无损音频编码器；

2. 无线适配器、音乐播放器、智能手表、智能音箱等轻量级SRC端（内存宜 $< 512\text{MB}$ ）应符合：

表 2 轻量级 SRC 端技术要求

序号	项目	技术要求
1	无线传输	应支持 ≥ 1 种窄带短距无线传输技术，宜支持 ≥ 1 种宽带短距无线传输技术；传输速率应能够满足传输双声道无损音频的需求；
2	无线音频编码	应支持 ≥ 1 种无损音频编码器宜支持 ≥ 1 种高清无损音频编码器；支持宽带传输时，应支持 ≥ 1 种数字音频裸流或无损音频编码器。

5.1.3 SNK 端设备基本技术要求

表3 SNK 端设备基本技术要求

序号	项目	技术要求
1	声学要求	耳机类产品参考 GB/T 14471-2013 的规定； 音箱类产品参考 SJ/T 11540-2015 的规定； 电视产品参考 SJ/T 11343-2015 的规定；
2	无线传输	应支持 ≥ 1 种短距无线传输技术； 传输速率应能够满足传输双声道无损音频的需求；
3	无线音频解码	当 SNK 端支持窄带短距无线传输技术时，应支持 ≥ 1 种无损音频解码器和宜支持 ≥ 1 种高清无损音频解码器； 当 SNK 端只支持宽带短距无线传输技术时，应支持 ≥ 1 种数字音频裸流或无损音频解码器； 宣称高清无损的 SNK 端设备应支持 ≥ 1 种高清无损音频解码器或透传高清数字音频裸流；
4	续航	不开启降噪等功能条件下高清音乐连续播放续航： 窄带传输时：入耳式/耳塞式耳机宜 ≥ 4 h，耳罩式耳机宜 ≥ 6 h，音箱类宜 ≥ 6 h； 宽带传输时：入耳式/耳塞式耳机宜 ≥ 2 h，耳罩式耳机宜 ≥ 4 h，音箱类宜 ≥ 4 h；
5	电声性能	耳机类产品参考 GB/T 14471-2013 的规定； 音箱类产品参考 SJ/T 11540-2015 的规定； 电视产品参考 SJ/T 1134-2015 的规定； 宜符合 CPHA ^[1] 评测评价审核规范的规定；
6	主动降噪	耳机类 SNK 终端宜支持主动降噪能力； 支持主动降噪的耳机 SNK 在开启和关闭降噪时，频响曲线差异宜在 ± 3 dB 以内；
7	主观音质	宜符合 CPHA 评测评价审核规范 ^[1] 的规定；

注：针对佩戴类的SNK终端，测试时应佩戴 ≥ 5 次，去除偏离值后将剩余数值取平均，计算最终结果。

5.2 音频编解码器技术要求

5.2.1 基础无损音频编解码器技术要求

基础音频编解码器应满足：

- 采样率：应支持输入数字音源的采样率 ≥ 44.1 kHz；
- 位宽：应支持 ≥ 16 bit；
- 无损编码和码率：对符合采样率、位宽要求的任意音源内容可以实现bit一致的无损编解码，任意音源内容码率应不高于传输数字音频裸流所需的码率，例如编码双声道44.1kHz/16bit音源码率宜不高于1.4112Mbps；编码双声道48kHz/16bit音源码率宜不高于1.536Mbps；
- 输入音源流格式：应支持PCM；
- 支持音源声道数量：应 ≥ 2 。

5.2.2 高清无损音频编解码器技术要求

高清音频编解码器应满足：

- 采样率：最高支持输入音源的采样率应 ≥ 48 kHz；

- b) 位宽：应支持24bit；
- c) 无损编码和码率：对符合采样率、位宽要求的任意音源内容可以实现bit一致的不损编解码，任意音源内容码率应不高于传输数字音频裸流所需的码率，例如编码双声道48kHz/24bit音源码率宜不高于2.304Mbps；编码双声道96kHz/24bit音源码率宜不高于4.608Mbps；
- d) 输入音源流格式：应支持PCM；
- e) 支持音源声道数量：应 ≥ 2 。

5.2.3 SRC端与SNK端音频编解码器协商机制要求

- a) SNK端向SRC端发送SNK端支持解码的无损音频编解码器种类（或某一编码器的无损模式）和有损音频编解码器种类（或某一编码器的有损模式）；
- b) SRC端识别记录该SNK端，并判断是否支持对应的Codec编码能力；
- c) 若SRC端和SNK端同时支持某一种无损音频编解码器，则SRC端将此种Codec记录为该SNK设备的优先高清音频编解码器；SRC端根据应用或用户选择、或自身逻辑判断选择进行无损连接模式，优先使用该种Codec进行连接；
- d) 若SRC端和SNK端同时支持 $N(N \geq 2)$ 中无损音频编解码器，SRC端根据应用或用户选择、或自身逻辑判断选择某一种Codec作为该SNK设备在该应用场景下的优先无损音频编解码器；
- e) 若SRC端和SNK端同时支持某一种有损音频编解码器，则SRC端将此种Codec记录为该SNK设备的优先有损音频编解码器；SRC端根据应用或用户选择、或自身逻辑判断选择进行有损连接模式时，优先使用该种有损音频编解码器进行连接。
- f) 若SRC端和SNK端同时支持至少一种无损音频编解码器和至少一种有损音频编解码器，则在自适应无损模式下SRC端可以根据无线网络传输条件，在应用内自动切换无损音频编解码器和有损音频编解码器。
SRC端在无损音频编码器A和有损音频编码器B之间进行切换时，应满足：
 - 1) 无需无线连接重新握手；
 - 2) 切换过程平滑，无卡顿、pop音等听感异常；
- g) 若SRC端和SNK端不同时支持任何一种无损音频编解码器，只同时支持某种有损音频编解码器，则SRC端将此种Codec记录为该SNK设备的优先音频编解码器。

5.3 无线传输要求




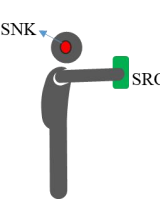

5.3.1 无线传输模型

短距无线传输空口损耗参考模型，如链路预算、路径损耗、弗里斯传输方程、地面反射模型，请参见附录B。

当SNK端为耳机类穿戴设备，SRC端为移动智能终端等可贴身携带的移动设备时，传输无线音频信息的电磁波会穿透人体或沿着身体表面传播，并因此产生衰减。此类SRC端手持(hand-held)和贴身携带(body-mounted)场景下的人体弱信号传输模型可以参考IEC/IEEE 62209-1528:2020。特别的，对于蓝牙传输而言，可以进一步参考Rehman^[2]等发表的论文，其中蓝牙传输SRC端随身携带或手持时，人体带来的路径衰减损耗大约为10~15dB。

对于常见的SNK端为耳机类穿戴设备，SRC为贴身携带的传输场景可归纳为以下几种典型传输场景：

表 4 SRC 手持和贴身携带传输场景

序号	1	2	3	4	5
传输场景	SRC位于人体髋关节右侧/左侧	SRC位于人体左臀部/右臀部后侧	单手握持SRC, 手臂自然下垂至腕关节侧部	单手握持SRC, 手臂水平伸直至身体前方	SRC位于左侧/右侧腰部(挎包)
示意图					

5.3.2 窄带短距无线传输设备要求

表 5 窄带短距无线传输设备要求

序号	项目	技术要求
1	传输距离要求	开放的居家、办公场景下, 音质优先模式无明显卡顿/pop 音距离应 ≥ 8 米;
2	贴身携带传输要求	居家、办公场景的电磁干扰环境下(如附录 D 描述), 在表 4 中各 SRC 贴身携带场景, 10min 音乐播放流畅, 卡顿/pop 音累计次数应 ≤ 3 次;
3	传输码率	无电磁干扰环境下, 无损传输码率宜 ≥ 1.41 Mbps, 支持 48kHz/24bit 高清无损时宜 ≥ 2.3 Mbps; 支持 96kHz/24bit 高清无损时宜 ≥ 4.6 Mbps;
4	无损传输	无电磁干扰环境下, SRC 端输入编码器的数字音频裸流与 SNK 端解码器输出的数字音频裸流在时域对齐后应每 bit 数据完全一致;
5	ODG 得分要求	居家、办公场景的电磁干扰环境下, 使用窄带短距无线传输技术组网的无线音频设备及系统 ODG 分数宜 ≥ 0.0 分。

5.3.3 宽带短距无线传输设备要求

表 6 宽带短距无线传输设备要求

序号	项目	技术要求
1	传输距离要求	开放的居家、办公场景下, 音质优先模式无明显卡顿/pop 音距离应 ≥ 10 米;
2	贴身携带传输要求	居家、办公场景的电磁干扰环境下, 在表 4 中各 SRC 贴身携带场景, 10min 音乐播放流畅, 卡顿/pop 音累计次数应 ≤ 3 次; 组合播放要求: 居家、办公场景的电磁干扰场景下, 10min 音视频播放流畅, 卡顿/pop 音累计次数应 ≤ 1 次;
3	传输码率	无电磁干扰环境下, 无损传输码率应 ≥ 1.41 Mbps, 宜 ≥ 4.23 Mbps, 推荐 ≥ 11.29 Mbps;

		支持 48kHz/24bit 高清无损时应 $\geq 2.3\text{Mbps}$ ，宜 $\geq 6.9\text{Mbps}$ ，推荐 $\geq 18.44\text{Mbps}$ ； 支持 96kHz/24bit 高清无损时应 $\geq 4.6\text{Mbps}$ ，宜 $\geq 13.8\text{Mbps}$ ，推荐 $\geq 36.87\text{Mbps}$ ；
4	无损传输	无电磁干扰环境下， 进行编码传输时 SRC 端输入编码器的数字音频裸流与 SNK 端解码器输出的数字音频裸流在时域对齐后应每 bit 数据完全一致； 透传数字音频裸流时，传输前后的数字音频裸流在时域对齐后应每 bit 数据完全一致；
5	ODG 得分要求	居家、办公场景的电磁干扰环境下，使用宽带短距无线传输技术组网的无线音频设备及系统 ODG 宜 ≥ 0.0 分

5.4 延时性能要求

5.4.1 SNK 延时

- a) 使用窄带短距无线传输技术时：
SNK通信延时：应 $\leq 230\text{ms}$ ，宜 $\leq 180\text{ms}$ ；
立体声SNK终端左右耳同步时延要求：左右耳平均时差应 $\leq 40\mu\text{s}$ ；
- b) 使用宽带短距无线传输技术时：
SNK通信延时：应 $\leq 180\text{ms}$ ，宜 $\leq 120\text{ms}$ ，推荐 $\leq 50\text{ms}$ ；
SNK终端各声道之间同步精度要求：应 $\leq 200\mu\text{s}$ ，宜 $\leq 50\mu\text{s}$ ，推荐 $\leq 20\mu\text{s}$ ；

5.4.2 系统视频播放场景的音频延时

- a) 使用窄带短距无线传输技术时：应 $\leq 125\text{ms}$ 且 $\geq -45\text{ms}$ ，宜 $\leq 80\text{ms}$ 且 $\geq -25\text{ms}$ ；
- b) 宽带短距无线传输技术时：应 $\leq 125\text{ms}$ 且 $\geq -45\text{ms}$ ，宜 $\leq 80\text{ms}$ 且 $\geq -25\text{ms}$ 。

注1：其中正值代表声音滞后于视频，负值代表声音提前于视频。

注2：视频场景播放延时优化方式可参见附录C。

5.4.3 系统游戏场景音频延时

- a) 使用窄带短距无线传输技术时：应 $\leq 200\text{ms}$ ，宜 $\leq 140\text{ms}$ ，推荐 $\leq 95\text{ms}$ ；
- b) 使用宽带短距无线传输技术时：应 $\leq 180\text{ms}$ ，宜 $\leq 120\text{ms}$ ，推荐 $\leq 50\text{ms}$ 。

注：游戏场景时延测试可以工作在非无损模式下，此时，SRC宜能够识别游戏场景，并自动切换至相应的低延迟模式。

5.5 抗干扰性能要求

5.5.1 干扰场景

5.5.1.1 干扰源

表7为干扰源的分类定义。其中：干扰信号强度：指在接收机处测量得到的干扰信号的强度；干扰信号负载：指干扰信号的空口时间占比，使用组播业务、固定速率产生；干扰业务按照20MHz产生。

表 7 干扰源分类

类型\指标	干扰信号强度	干扰信号负载
弱干扰源	-82dBm	5%
中干扰源	-62dBm	10%
强干扰源	-52dBm	30%

5.5.1.2 窄带短距无线传输干扰场景

中等干扰：干扰信号占用2.4GHz频段（2400~2483.5MHz）中40MHz带宽，干扰信号输出强度均为-10dBm，推荐使用1、6信道，每信道占用20MHz带宽；

较强干扰：干扰信号占用2.4GHz频段（2400~2483.5MHz）中60MHz带宽，干扰信号输出强度均为-10dBm，推荐使用1、6、11信道，每信道占用20MHz带宽。

5.5.1.3 宽带短距无线传输干扰场景

表8、表9定义的干扰场景中，空闲信道指信道能量低于指定门限（-80dBm）的空口比例大于90%的信道，同频指相同主信道，邻频指相邻的不交叠信道，叠频指交叠5MHz的信道。

2.4GHz信道的干扰场景分类如表8所示：

表8 2.4GHz 信道干扰场景分类

场景\干扰指标	同频干扰源个数			邻频干扰源个数			叠频干扰源个数			空闲信道个数
	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强	
弱干扰场景	1	0	0	1	0	0	0	0	0	2
中等干扰场景	1	1	0	0	1	0	0	0	0	1
较强干扰场景	1	0	1	0	1	0	1	0	0	0
商场干扰场景	2	1	1	2	1	0	1	0	0	0

5GHz信道的干扰场景分类如表9所示：

表9 5GHz 信道干扰场景分类

场景\干扰指标	同频干扰源个数			邻频干扰源个数			叠频干扰源个数			空闲信道个数
	弱	中	强	弱	中	强	弱	中	强	
弱干扰场景	1	0	0	1	0	0	0	0	0	5
中干扰场景	1	1	0	0	1	0	0	0	0	2
强干扰场景	1	0	1	0	1	0	0	0	0	0
商场干扰场景	2	1	1	2	1	0	1	0	0	0

5.5.2 基础模拟干扰下的抗干扰性能

在典型的基础无线干扰模型电磁环境下，被测终端与陪测终端通过窄带短距无线传输技术连接播放无损音乐，其播放质量符合如下要求：

模型1 在窄带中等干扰场景下：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应≤3次；

模型2 在窄带较强干扰场景下：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数宜≤3次。

在典型的基础无线干扰模型电磁环境下，被测终端与陪测终端通过宽带短距无线传输技术连接播放无损音乐，其播放质量符合如下要求：

模型1 在宽带弱干扰场景下：30min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应≤1次；

模型2 在宽带中等干扰场景下，30min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应≤3次；

模型3 在宽带较强干扰场景下，30min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数宜 ≤ 3 次。

注：持续卡顿，每一秒记为一次。

5.5.3 真实场景干扰环境下抗干扰性能

测试前限定在无损音频编码下，然后加上干扰；无法强制要求全过程中始终处于无损音频编码下；但在全过程中，宜平均码率 ≥ 600 kpbs等要求。

在典型的真实场景无线干扰电磁环境下，被测产品与陪测终端通过窄带短距无线传输技术连接播放高清音乐，播放质量符合表如下要求：

场景1 商场环境（如北京东单商场）：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应 ≤ 3 次；

场景2 火车站环境（如上海虹桥车站）：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应 ≤ 3 次；

场景3 机场环境A（如深圳宝安机场）：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数宜 ≤ 3 次；

场景4 机场环境B（如上海虹桥机场）：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数宜 ≤ 3 次。

在典型的真实场景无线干扰电磁环境下，被测产品与陪测终端通过宽带短距无线传输技术连接播放高清音乐，播放质量符合表如下要求：

场景1 商场环境：10min音乐播放流畅，卡顿/pop音累计次数应 ≤ 10 次。

5.6 主动降噪要求

对于支持主动降噪功能的耳机类SNK终端宜达到下述要求。

5.6.1 耳塞式耳机

降噪频宽： ≥ 1.0 kHz；

最大降噪深度： ≥ 20 dB；

平均降噪深度： ≥ 10 dB；降噪频宽：50 Hz~1.0 kHz；

左右耳降噪一致性：降噪频宽：100 Hz~2.0 kHz，标准：平均值 ≤ 5 dB。

5.6.2 入耳式耳机

降噪频宽： ≥ 1.5 kHz；

最大降噪深度： ≥ 25 dB；

平均降噪深度： ≥ 15 dB；降噪频宽：50 Hz~1.0 kHz；

左右耳降噪一致性：降噪频宽：100 Hz~2.0 kHz，标准：平均值 ≤ 5 dB。

5.6.3 耳罩式耳机

降噪频宽： ≥ 600 Hz；

最大降噪深度： ≥ 25 dB；

平均降噪深度： ≥ 15 dB；降噪频宽：50 Hz~1.0 kHz；

左右耳降噪一致性：降噪频宽：100 Hz~2.0 kHz，标准：平均值 ≤ 5 dB。

注：贴耳甲式、压耳式参照耳罩式的技术指标执行。

5.6.4 降噪对音质的影响

开启和关闭主动降噪功能时，SNK 终端的频响曲线差：宜 $\leq\pm 3$ dB；考察频宽：100 Hz~3.0 kHz，1/3 倍频程。

5.7 透传要求

对于支持透传功能的入耳式和耳罩式SNK终端，透传能力宜达到下述要求。

5.7.1 入耳式耳机

透传频宽：频宽应 ≥ 1.5 kHz，宜 ≥ 2 kHz；

左右耳透传一致：管控频宽：100 Hz~2.0 kHz，标准：平均值 ≤ 5 dB。

5.7.2 耳罩式耳机

透传频宽：频宽应 ≥ 1.5 kHz，宜 ≥ 2 kHz；

左右耳一致性：管控频宽：100 Hz~2.0 kHz，标准：平均值 ≤ 5 dB。

注：贴耳甲式、压耳式参照耳罩式的技术指标执行。

5.8 续航要求

5.8.1 入耳式或耳塞式耳机

关闭主动降噪、透传等功能的工作模式下：

窄带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 4 h；

宽带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 2 h。

5.8.2 耳罩式耳机

关闭主动降噪、透传等功能的工作模式下，

窄带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 6 h；

宽带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 4 h。

5.8.3 便携音箱

窄带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 6 h；

宽带传输时，单次充电独立续航宜 ≥ 4 h。

6 无损无线音频检测方法

6.1 测试条件

6.1.1 测试环境

未做特殊要求的测试项应在与使用环境相似的环境中进行测量：

环境噪声不超过25dB(A)，房间混响要求参照GB/T 12060.13 2.1.2节执行，不存在频率染色等缺陷；

注：测试音箱、功放、电视等外放类设备时测试环境的背景噪声声级和混响时间应在测试报告中说明

环境温度：15℃~35℃，优选20℃；

相对湿度：25%~75%；

气压：86kPa~106kPa；

电磁环境：一般办公或居家场景电磁干扰环境（见附录D）；
头和躯干模拟器应符合：ITU-T P. 58（HATS）和GB/T 12060.7-2013 要求；
人头模拟器和耳模拟器应符合：ITU-T P. 57和GB/T 25498.5-2017要求；
手持和贴身携带场景人体模型应符合：IEC/IEEE 62209-2要求。

6.1.2 陪测设备及连接方式

当送测制造商单独对SRC或SNK端设备进行认证时，制造商宜同时提供SNK或SRC陪测终端（陪测设备宜为已获得电信设备进网许可的移动智能终端）。被测设备与陪测终端的无线连接模式默认为“自适应无损”或其他同类型模式。制造商可以指定特定的一种连接或无线音频编解码模式送测，但该连接或编解码模式需要与无线抗干扰客观测试的连接或编解码模式保持一致，不可手动更改。

6.2 Codec 性能测试

6.2.1 SRC 音频编解码器性能测试

制造商自测支持音频编解码器种类及性能，提供测试报告；
对于无损音频编解码器，应提供的相应的音频编解码器兼容性测试认证报告；
产品外包装或产品说明书支持的编码类型。

6.2.2 SNK 音频编解码器性能测试

制造商自测支持音频编解码器种类及性能，提供测试报告；
对于无损音频编解码器，应提供的相应的音频编解码器兼容性测试认证报告。

6.2.3 无线音频系统音频编解码器握手协议测试

制造商自测无损无线音频多音频编解码器协商握手协议，提供测试报告。

6.3 音频无线传输性能测试

6.3.1 传输距离测试

开放的居家、办公场景下，SNK终端与移动SRC终端无主观听音可感知的卡顿/pop音距离应 ≥ 8 米。

6.3.2 SRC 贴身携带场景测试

1. 测试环境：

在电磁暗室环境下，头和躯干模拟器置于暗室中，将SNK终端佩戴于人体模型的耳模拟器上，将移动SRC终端按照表4中场景固定于人体模型器上；将干扰信号发生器的天线分别至SRC终端和SNK终端的3~5cm处，干扰信号发生器播放预先录制的标准参考居家/办公场景干扰。

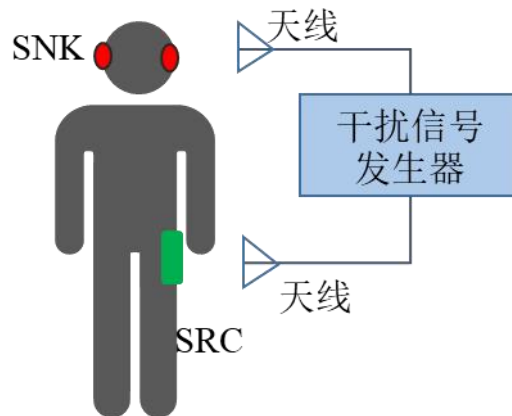


图3 贴身携带场景测试环境示意图

2. 测试步骤:

- 将SNK终端佩戴于人体模型的耳模拟器上，调整人体模型姿势，并将移动SRC终端按照表4中场景固定于人体模型的相应位置上，使SNK终端和SRC终端组成无线音频系统；
- 针对以上不同场景下，连续播放高清音乐音频，监听其播放是否流畅、卡顿和pop音是否符合5.3.2要求；对SNK终端播放的声音进行实时录音保存。

6.3.3 传输码率测试

在电磁暗室环境，SNK终端与SRC终端连接组网为无线音频系统，通过抓取无线音频传输数据包，分析其数据包包头数据或统计单位时间内传输的数据包大小等方法评估音频传输速率。

6.3.4 无线音频无损传输测试

在电磁暗室环境，使用认可的测试工具，测试被测终端的得分。

1. 测试环境:

- 环境噪声 $<25\text{dB (A)}$ ，SRC端与SNK端无遮挡；
- 无线传输距离（SRC端与SNK端直线距离）：3米。

2. 测试步骤:

- SRC端给SNK端发送测试音源集中的 ≥ 5 段音源片段（窄带传输：通过无线音频编码器，无线音频传输以及无线音频解码器；宽带传输：无线音频编解码为可选，可直接传输数字音频裸流）；
- SRC端测试音源PCM1与SNK端无线音频解码器输出的PCM2保存成文件，一起输入到bit一致无损校验工具；
- PCM1的取出位置为SRC端前处理后（若有）输入到无线音频编码器（若有）的数字音频裸流；PCM2为SNK端无线音频解码器（若有）输出的、未经后处理的数字音频裸流；
- 将PCM1和PCM2两个音频文件输入到bit一致无损校验工具前应在时域上对齐，并建议裁剪掉前、后1~2秒的数据，以排除“淡入”“淡出”等设计带来的影响；
- bit一致无损校验工具可以使用audition等音频测试工具或音频分析仪，计算两个数字音频裸流的MAE或MSE，当MAE（PCM1,PCM2）或MSE（PCM1,PCM2）为0时

可以判断PCM1和PCM2是bit一致的；也可直接使用工具判定PCM1和PCM2是否在时域或频域完全一致。

下图所示为测试的步骤：

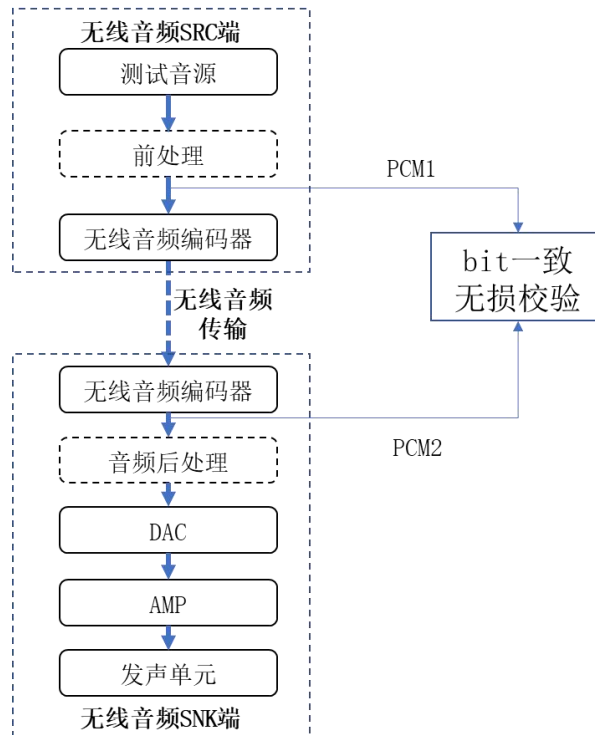


图4 无线音频无损传输测试步骤

6.3.5 ODG 得分测试

在居家或中等干扰下，使用认可的ODG测试工具，测试被测终端的ODG得分。

1. 测试环境：

- a) 环境噪声 $<25\text{dB (A)}$ ，SRC端与SNK端无遮挡；
- b) 无线传输距离（SRC端与SNK端直线距离）：5米。

2. 测试步骤：

- a) SRC端给SNK端发送测试音源（窄带传输：通过无线音频编码器，无线音频传输以及无线音频解码器；宽带传输：无线音频编解码为可选）；
- b) SRC端前处理后的音源PCM1与SNK端无线音频解码器输出的PCM2保存成文件，一起输入到ODG工具；
- c) PCM1的取出位置为SRC端音效渲染后输入到无线音频编码器（若有）的音源；PCM2为SNK端无线音频解码器（若有）输出的、未经后处理的数字音频裸流；
- d) 两个音频文件输入到ODG工具前建议裁剪掉前、后1~2秒的数据，以排除“淡入”“淡出”等设计带来的影响。

下图所示为测试的步骤：

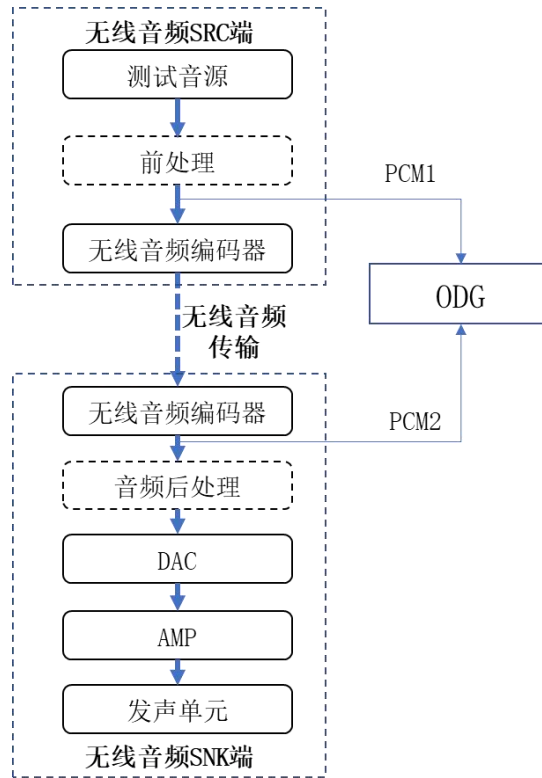


图5 ODG打分测试步骤

6.4 时延性能测试方法

6.4.1 SNK 终端时延测试方法

1. 测试环境：

如图5所示，将音频测试仪作为SRC端与被测SNK终端设备组成无线音频系统，使用测试仪中存储的音频文件或生成的音频流作为测试音源；

连接SNK终端被测设备后，通过无线音频组网发送音频数据；通过测试传声器采集被测SNK终端发出的声音信号，再通过环回线路将其闭环回传至测试仪器。测试仪器计算从无线传输系统发出无线音频信号到测试传声器采集到对应声音信号的时间差。

2. 测试方法：在测试仪器按照仪器操作说明启动延迟测试项。

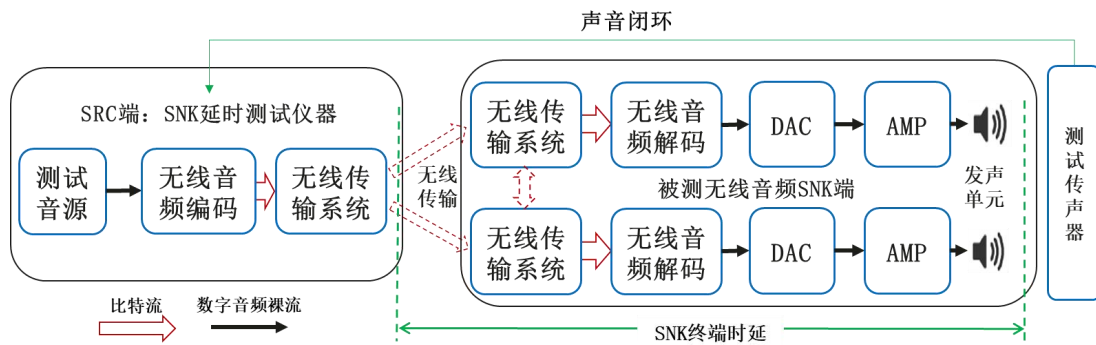


图6 SNK时延测试组网及时序示意图

6.4.2 系统端到端延时-视频场景测试方法

将被测终端与陪测终端通过无线连接组成无线音频系统，播放视频，计算视频播放到SNK端出声的延迟时间；（视频应用提供了音视频同步功能的，宜按应用默认模式执行测试；若可以手动开关且不能直接确定默认模式，则打开和关闭下都执行测试，以测试较差数据作为评判依据）

1. 测试环境：

- a) 准备好辅助设备，辅助设备要求能够同时录入声音和视频，可实现不低于240帧/秒的视频录制，帧率为 f ；
- b) 播放视频应用软件已上传的测试视频。

2. 测试方法：

- a) 将被测终端与陪测终端通过无线连接组成无线音频系统，进入被测视频应用；
- b) 辅助设备帧率 f 对准测试机进行录制视频，同步收录视频中的视频与语音，即每帧画面约为 $t = 1/f$ 。当帧率为240帧/s时， t 约为4.17ms；
- c) 在安静的环境下，测试机播放视频素材，辅助设备完成视频录制；
- d) 辅助设备导出视频，通过视频处理软件逐帧播放，在视频有黑色跳变到白色时为 T_1 ，首次出现声波的画面记为 T_2 ，计算 T_1 到 T_2 的帧数，即视频场景下SRC端到SNK端的延时：

$$\text{Delay} = (T_2 - T_1) * 1000/f; \text{单位: ms}$$

注：多次测量取平均值，一般取5次。

6.4.3 系统端到端延时-游戏场景测试方法

将被测终端与陪测终端通过无线连接组成无线音频系统，启动游戏，以“和平精英”^[2]为例，在背景音安静的环境下“开枪”，计算从“开枪”到耳机出声的延迟时间。

1. 测试环境：准备好辅助设备，辅助设备要求能够同时录入声音和视频，可实现240帧/秒的视频录制。

2. 测试方法：

- a) 将被测终端与陪测终端通过无线连接组成无线音频系统，进入被测游戏应用（如和平精英^[2]等）；
- b) 辅助设备帧率 f 对准测试机进行录制视频，同步收录视频中的视频与语音，即每帧画面约为 $t = 1/f$ 。当帧率为240帧/s时， t 约为4.17ms；
- c) 在背景音安静的环境下，测试机上点击开枪，辅助设备完成视频录制；
- d) 辅助设备导出视频，通过视频处理软件逐帧播放，在枪口开始冒火的画面记为 T_1 ，首次出现声波的画面记为 T_2 ，计算 T_1 到 T_2 的帧数，即游戏场景下SRC端到SNK端的延时：

$$\text{Delay} = (T_2 - T_1) * 1000/f; \text{单位: ms}$$

注：多次测量取平均值，一般取5次。

6.5 抗干扰性能测试

6.5.1 信号注入抗干扰性能测试

在电磁暗室环境下，利用干扰信号发生器，按照5.5.1节所述基础干扰模型生成相应的干扰信号，经过天线构建相应干扰电磁环境。

将被测产品和陪测终端放置在所述干扰电磁环境中，将被测产品与陪测终端按照图7所示方式进行组网，**建议水平距离约70cm，垂直距离40cm放置，模拟人手持或携带源端产品的**

使用场景：干扰信号发生器的发射天线（宜至少2个天线）建议均匀布置在被测和陪测终端同一垂直切面内正上方，垂直距离约100cm放置；天线辐射方向正对被测和陪测设备。使用陪测终端播放标准音源，对被测产品播放的声音进行实时听音监测或使用耳模拟器进行录制。

测试前被测终端与陪测终端在无电磁干扰环境下工作于无损音频状态，之后施加干扰；有下述几种干扰条件下的音频播放过程中，传输码率宜 ≥ 600 kbps。

记录每个干扰模型下被测产品的卡顿/pop音累计次数，判断播放效果是否满足技术要求。

注：宜多次测量取平均值，一般取2~3次。

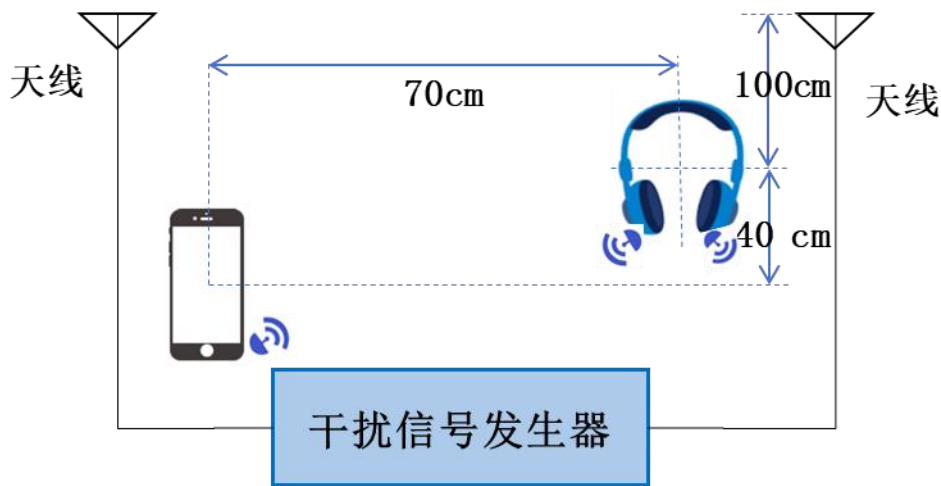


图7 基础模型干扰环境无线抗干扰测试组网图

6.5.2 模拟外场干扰信号

利用外场干扰信号录制回放仪，在5.5.2节所述典型场景录制的干扰信号；在电磁暗室环境下，利用外场干扰信号录制回放仪播放干扰信号，经过天线复现真实场景的干扰电磁环境。

将被测产品和陪测终端放置在所述干扰电磁环境中，将被测产品与陪测终端按照图8所示方式进行组网，建议水平距离约70cm，垂直距离40cm放置，模拟人手持或携带源端产品的使用场景；干扰信号发生器的发射天线（宜至少2个天线）建议均匀布置在被测和陪测终端同一垂直切面内正上方，垂直距离约100cm放置；天线辐射方向正对被测和陪测设备。使用陪测终端播放标准音源，对被测产品播放的声音进行实时听音监测或使用头和躯干模拟器或耳模拟器进行录制。

记录每个干扰模型下被测产品的卡顿/pop音累计次数，判断播放效果是否满足技术要求。

注：宜多次测量取平均值，一般取2~3次。

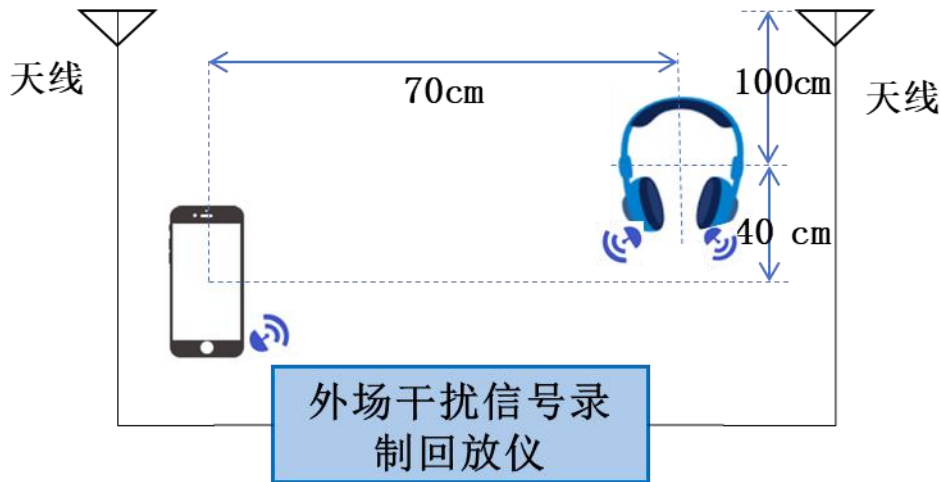


图8 真实场景干扰环境无线抗干扰测试组网图

6.6 主动降噪性能测试

用户正常佩戴耳机,在外部播放噪声的条件下,开启主动降噪功能前后的耳内噪声大小。

1. 测试环境:

- a) 测试声学房间标准请参考 ETSI TS 103 224;
- b) 环境噪声重放系统标准请参考 ETSI TS 103 224;
- c) 测试信号采用声压级为80dB(A)的粉红噪声,信号频宽为20Hz~20kHz;

2. 测试方法:

- a) 头和躯干模拟器正常佩戴耳机的情况下,系统播放30s时间长度的80dB SPLA粉噪,头和躯干模拟器记录被动降噪状态下的耳内时域噪声信号 $P_{off}(t)$,采样频率为48kHz;
- b) 头和躯干模拟器正常佩戴耳机的情况下,开启主动降噪功能,系统播放30s时间长度的声压级为80dB(A)的粉红噪声,头和躯干模拟器记录主动降噪状态下的时域声信号 $P_{on}(t)$,采样频率为48kHz;
- c) 通过 $P_{off}(t)$ 、 $P_{on}(t)$ 计算主动降噪的最大深度、降噪带宽、平均降噪深度和左右耳一致性等指标。
- d) 重复上述1-3步骤5次,并对5次结果计算评价指标。

注:降噪性能指标定义及计算方法见附录E。

6.7 降噪对音质影响性能测试

测试开启和关闭主动降噪功能的前后耳机类SNK的频响曲线差异。

1. 测试环境:测试信号采用频率范围为20Hz~20kHz、信号幅度为-15dBFS的扫频信号。

2. 测试方法:

- a) 在安静环境下,头和躯干模拟器正常佩戴耳机类SNK终端,关闭其降噪功能, SRC播放强度-15dBFS、频宽为20Hz~20kHz的扫频信号,头和躯干模拟器传声器记录此时的耳机信号 $P_{off}(t)$;

- b) 在安静环境下，头和躯干模拟器正常佩戴耳机类SNK终端，开启其降噪功能，SRC播放强度-15dBFS、频宽为20Hz-20kHz的扫频信号，头和躯干模拟器记录此时的耳机信号 $P_{on}(t)$ ；
- c) 对 $P(t)$ 、 $A(t)$ 进行1/3倍频程的FFT变换得到 $P_{off}(t)$ 、 $P_{on}(t)$ ；
- d) 计算最大频响差 $\max [|P_{off}(t) - P_{on}(t)|]$ 。

6.8 透传性能测试

1. 测试环境：

- a) 测试声学房间标准请参考 ETSI TS 103 224；
- b) 环境噪声重放系统标准请参考 ETSI TS 103 224；
- c) 测试信号采用声压级为80dB (A) 的粉红噪声，信号频宽为20Hz~20kHz；

2. 测试方法：

- a) 在不佩戴耳机的情况下，系统播放30s时间声压级为80dB (A) 的粉红噪声，头和躯干模拟器记录开耳状态声音响度值 N_{open} 、声音频谱 $S_{open}(f)$ ；
- b) 将被测耳机佩戴在头和躯干模拟器上，并关闭透传功能，系统播放30s时间长度的80dB SPL粉噪，头和躯干模拟器记录耳机关闭透传状态声音响度值 N_{OFF} 、声音频谱 $S_{OFF}(f)$ 、系统本底噪声水平 BN_{OFF} ；
- c) 将被测耳机透传功能开启，系统播放声压级为80dB (A) 的粉红噪声，头和躯干模拟器记录耳机打开透传状态声音响度值 N_{HT} 、声音频谱 $S_{HT}(f)$ 、系统本底噪声水平 BN_{HT} ；
- d) 计算环境声透传频宽、双耳透传一致性等指标；
- e) 重复上述2~4步骤5次，并对5次结果计算评价指标。

注1：透传频宽使用（-6dB，+6dB）范围标准进行约束；

注2：降噪、透传性能指标定义及计算方法见附录E。

6.9 续航性能测试

将被测SNK终端与陪测SRC终端通过无线连接组成无线音频系统，关闭主动降噪等非音频播放功能，系统持续播放音频，计算SNK终端的播放续航时间。

1. 测试环境：在办公、居家电磁环境下，SNK终端与SRC终端距离约70cm；

2. 测试方法：

- a) 将被测SNK终端与陪测SRC终端通过无线连接组成无线音频系统，关闭主动降噪等非音乐播放功能；
- b) 将被测SNK终端充至满电量状态下（不含外置充电设备）；
- c) 被测SNK终端音量设置为50%，在陪测SRC终端持续播放模拟节目信号，记录被测SNK终端电量由充满（100%）至电量耗尽（0%）所用时间。

注：为反映无损音频的续航时间，建议在使用无损编解码的传输模式下测试；使用的传输方式、编码方式、码率应该在报告中给出。

6.10 主观听音测试

参考《高保真音频产品CPHA评测评价规范》^[1]执行。

6.11 电声性能测试

T/CAIACN XXXX—2024

参考GB/T 12060.5-2011、GB/T 14475-1993、SJ/T 11540-2015、GB/T 12060.7-2013、GB/T 14471-2013、SJ/T 11343-2015执行。

附录 A 客观差异等级 Objective difference grade (ODG)

如表A.1所示。当ODG得分为负时说明被测音频信号与参考音频信号之间存在主观可察觉的损伤，为负时越接近0损伤越小；当 $ODG \geq 0$ 时说明被测音频信号与参考音频信号间的差异主观不可察觉。

表 A.1 ODG 得分与主观评价等级对应关系

损伤程度	ITU-R主观评价等级	ODG得分
损伤不可察觉	5.0	≥ 0.0
损伤可察觉，但不讨厌	4.9~4.0	-0.1~-1.0
稍讨厌	3.9~3.0	-1.1~-2.0
讨厌	2.9~2.0	-2.1~-3.0
非常讨厌	1.9~1.0	-3.1~-4.0

ODG主要包括心理声学模型（实施物理/声学过程）和认知模型（负责人脑感知活动）两部分。ODG的应用场景十分广泛，既经常被用于音频编解码技术本身的性能评价，也能用于设备或系统的音频处理引入的音质变化。目前已有大量研究和实验证实ODG在评价采样率在96kHz及以下音频音质的有效性。

在ITU BS. 1387-1. (PEAQ)中定义了3大类，8个具体应用需求：

1. 开发工具：Codec设计、网络规划、辅助主观评价；
2. 诊断工具：实施效果评估、设备连接状态、Codec鉴别；
3. 操作工具：上线前质量感知、在线监控；

为了覆盖更广泛的应用，BS. 1387 提供了两个版本的ODG实现：基础（Basic）版和增强（Advanced）版。

Basic版设计目标是更高的计算效率，心理声学模型仅使用基本FFT变换，更加适用于实时性要求高的场景。

Advanced版本目标是更好的准确性，其心理声学模型包含基于FFT和滤波器组的耳模型，计算需求和算法的复杂度更高，更加适用于实时性要求较低的场景。

本档中ODG主要用于编解码技术和无线音频系统的音质离线评价，因此建议统一使用Advanced版本。

附录 B 短距无线传输空口损耗参考模型

B.1 链路预算：

无线链路预算大致是发射机以dBm为单位的输出功率量与以-dBm为单位的无线电灵敏度极限之间的差（以dB为单位）；因此，在发射功率为+10dBm和接收灵敏度极限为-110dBm的情况下，链路预算大致为120dB。

理论预算：

$$\text{Link Budget} \approx \text{Tx output power (dBm)} - \text{Rx sensitivity (-dBm)}$$

实际链路预算需要考虑发射机和接收机天线增益，公式如下：

$$\text{Link Budget} = \text{Tx output power (dBm)} + \text{Tx antenna gain (dBi)} - \text{Rx sensitivity (-dBm)} \\ + \text{Rx antenna gain (dBi)}$$

$$\text{Link Budget} = P_T + G_T + P_R + G_R$$

其中：

P_R 为天线接收功率（Power available from receiving antenna）

P_T 为天线发射功率（Power supplied to the transmitting antenna）

G_R 为天线接收增益（Gain in receiving antenna）

G_T 为天线发射增益（Gain in transmitting antenna）

对于理想的偶极子天线，天线增益(dBi)为2.1 dB；因此，使用上述示例，链路预算将为124.2 dB。

在数字无线电系统中，灵敏度通常被定义为误差率超过1%的输入信号电平。误码率的计算方法有两种：误包率（PER）和误比特率（BER）。

B.2 路径损耗：

通信是通过信号能量从一个位置传输到另一个位置来实现的。接收信号能量必须足以区分有用信号和始终存在的噪声。灵敏度通常以绝对电平表示，单位为-dBm。

B.3 弗里斯传输方程：

表述为理想条件下给定距离外的天线发送一个已知功率的信号，则接收天线终端的接收功率等于入射波功率密度与接收天线有效孔径的乘积

$$P_R = P_T \frac{G_T G_R \lambda^2}{(4\pi)^2 d^2}$$

其中：

P_R 为天线接收功率（Power available from receiving antenna）

P_T 为天线发射功率（Power supplied to the transmitting antenna）

G_R 为天线接收增益 (Gain in receiving antenna)

G_T 为天线发射增益 (Gain in transmitting antenna)

$\lambda = c/f$ 为电磁波波长

c 为光在真空中传输速率 299.972458·106 [m/s]

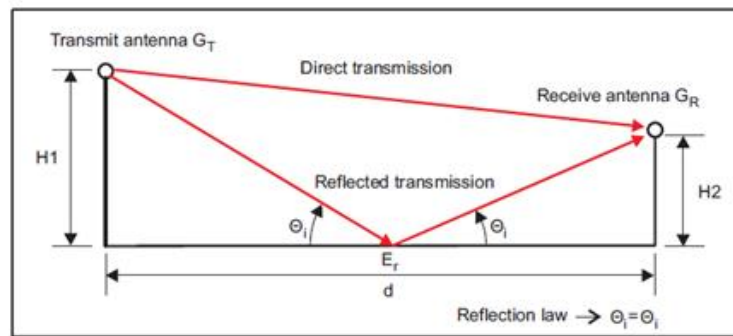
f 为电磁波频率

由于障碍物, 建筑物的反射以及影响最大的地面反射, 一般的地面通信几乎无法满足这些理想条件

B.4 地面反射模型

在典型的无线链路中, 发射信号被发射天线照射的所有物体反射和阻挡。在此环境中计算范围是一项复杂的任务。许多环境包括一些移动对象, 这增加了问题的复杂性。大多数测距是在没有任何障碍物、移动物体或干扰无线电源的开阔空间进行的。

这主要是为了实现一致的测量。等手持设备通常在靠近地面的地方操作。这意味着, 在进行更现实的范围计算时, 必须考虑地面影响。



图A1 地面反射模型示意图

反射系数: 每当入射无线电信号击中不同介电介质之间的结时, 一部分能量被反射, 而剩余的能量通过结传递。反射部分取决于信号极化、入射角和不同的介电常数 (ϵ_r 、 μ_r 和 σ)。假设两种物质具有相等的渗透率 $\mu_r = 1$, 并且一个介质是自由空间,

$$\Gamma_v = \frac{(\epsilon_r - j60\sigma\lambda)\sin\theta_i - \sqrt{\epsilon_r - j60\sigma\lambda - \cos^2(\theta_i)}}{(\epsilon_r - j60\sigma\lambda)\sin\theta_i + \sqrt{\epsilon_r - j60\sigma\lambda - \cos^2(\theta_i)}}$$

$$\Gamma_h = \frac{\sin\theta_i - \sqrt{\epsilon_r - j60\sigma\lambda - \cos^2(\theta_i)}}{\sin\theta_i + \sqrt{\epsilon_r - j60\sigma\lambda - \cos^2(\theta_i)}}$$

大部分应用中, 由于存在较强的交叉极化分量 (垂直极化和水平极化的混合), 使得极化之间的分离比较困难。实际信号电平通常介于上述计算的垂直电平和水平电平之间。

附录 C 无线音频系统音视频延时优化参考实现

C.1 范围

无线音频系统播放视频内容时的音视频延时高低会明显影响用户体验，因此，本标准 5.4 节中对音视频延时做出了分级要求。

所述音视频延时是由无线音频硬件系统能力和视频播放器的软件设计所共同决定的。为了降低音视频播放延时、提升用户体验，本附录给出了一种无线音频系统中播放器软件时延优化的参考实现。该参考实现适用于 Android Open Source Project (AOSP)、Harmony OS 等操作系统的无线音频设备。

按照本标准 6.4 节方法测试无线音频 SNK 端设备时，可由送测方指定 SRC 端设备和相应的视频播放软件，若送测方未指定 SRC 端设备和视频播放软件，则有测试方利用缺省的 SRC 设备和视频播放软件进行测试。所述指定视频播放软件或缺省视频播放软件宜按本附录所述方法进行优化设计。

C.2 缩略语

PTS：送显时间戳（Presentation Time Stamp）

DTS：解码时间戳（Decoding Time Stamp）

C.3 技术原理

系统播放音视频数据时的最小处理单元称为帧。通常，音频流和视频流都被分别分割成音、视频帧，并被标记时间戳以便按特定时间配合播放。时间戳信息会随压缩编码后的帧数据进行存储或传输。当播放器播放视频内容时，音、视频数据可以独立下载接收和解码。

具有匹配时间戳的音频帧和视频帧应尽量同时呈现。由于压缩、传输、解码等过程不可避免地造成音视频之间时延差异，在播放软件中利用音视频实际播放的时间戳信息对二者的播放进行反馈调节，是实现降低时延的有效手段。调节音频的播放时间会对音调、音色等造成改变，甚至导致干扰音、卡顿等音频故障。因此，为了保障音频播放的连续和高清音质体验，本附录给出的参考实现以音频播放位置作为主时间参考，调整视频播放位置与其匹配。

C.4 音视频低延时参考实现

音频和视频的传输须同时以相同的时间戳呈现每帧数据。音频播放位置用作主时间参考，而视频管道只输出与最新渲染音频帧匹配的视频帧。对于所有可能的实现，精确计算最后一次呈现的音频时间戳是至关重要的。Android 提供了几个 API 来查询音频管道各个阶段的音频时间戳和延迟。

下面按第三方播放器采用的播放器框架区分，分别描述如何获取到音轨的时间戳和时延信息。

C.4.1 第三方定制媒体播放器参考实现

在定制的媒体播放器中，应用程序完全控制音频和视频数据流，并知道解码音频和视频数据包需要多长时间。应用程序还可以自由地增加或减少缓冲视频数据量，以保持连续播放。视频管道需要调整为音频管道呈现的时间戳。应该使用以下两个API。

C.4.1.1 使用 `AudioTrack.getTimestamp()` 获取音频时间戳

音频管道支持查询最新呈现的时间戳，`getTimeStamp()` 方法提供了一种简单的方法来确定我们要查找的值。如果时间戳可用，则`audioTimestamp`实例将填充以帧单位表示的位置，以及显示该帧时的估计时间。此信息可用于控制视频管道，使视频帧与音频帧匹配。

注意以下事项：

建议查询时间戳的频率从每10秒一次到每分钟一次。有可能存在轻微误差，但不会突然跳变，因此不需要频繁的查询时间戳。

正确返回时间戳时，应用程序应信任这些值，而不使用任何其他硬编码偏移量。强烈反对增加实验值。它们不是平台独立的，管道可能随时更新（例如，连接蓝牙接收器时），从而使以前正确的值不准确。

```
int latestAudioFrameTimestamp = audioTrack.getTimeStamp();
```

有关可用参数和返回值的详细信息，请参阅Android文档中的`getTimeStamp()`方法。

C.4.1.2 使用 `AudioTrack.getPosition()` 获取音频时间戳

如果音频管道不支持查询上一节所述的最新呈现音频时间戳，则需要另一种方法。

`AudioTrack.getPosition()`拿到的拿到的就是当前设备（如蓝牙耳机）端播放音频的`position`，通过此`position`做视频补偿。

C.4.1.3 使用 `AudioTrack.latency()` 获取音频时间戳

此接口拿到的`latency`为整个音频通路时延值，包括了移动智能终端audio通路、移动智能终端蓝牙通路和耳机蓝牙通路总时延。视频APP拿到此值后，将视频播放相对音频播放延后`latency`即可。调用频率建议每秒一次。

C.4.2 OpenSL ES 框架下的参考实现

当前的OpenSLES框架无法通过已有接口获取当前音轨的最新帧时间戳信息。只能根据延时信息及播放器写入数据时间戳来计算音轨的最新帧时间戳信息。目前OpenSLES调用流程如下：

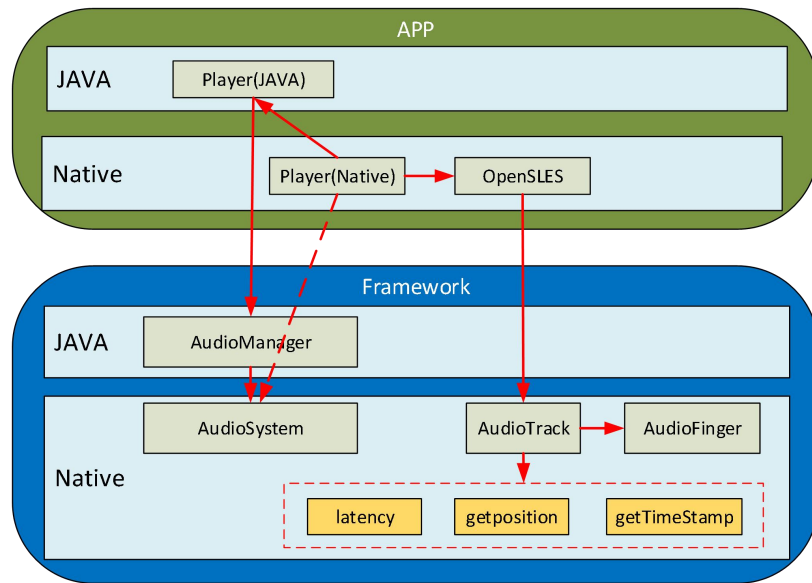


图 C1 OpenSLES 音轨流程

使用OpenSLES框架，直接调用GetPosition，拿到的就是当前设备（如蓝牙耳机）端播放音频的position，通过此position做视频补偿，GetPosition在每帧画面刷新时调用。

附录 D 真实场景电磁干扰特性描述

D.1 描述方法：

本方法通过设定信道门限值 RSSI (-65dbm)，即干扰环境中的信道信号强度值若大于门限值，则表示该信道在该干扰环境下不可用，录制的时间维度通过采样后进行平均化处理，最终以蓝牙信道数可用或不可用的平均占比为例，以此来表征外场干扰的强弱。

注：本方法只作为真实场景点再次干扰信号的概况描述方法，不作为标准约束条件。

D.2 描述举例：

场景 1 商场环境（如北京东单商场）平均蓝牙信道不可用占比约为 30%；
场景 2 火车站环境（如上海虹桥车站）平均蓝牙信道不可用占比约为 50%；
场景 3 机场环境 A（如深圳宝安机场）平均蓝牙信道不可用占比约为 60%；
场景 4 机场环境 B（如上海虹桥机场）平均蓝牙信道不可用占比约为 70%；
场景 5 居家场景 平均蓝牙信道不可用占比约为 20%；
场景 6 办公场景 平均蓝牙信道不可用占比约为 25%。

参考信号下载地址：<http://www.caiagnet.org.cn/Home/index/1>

附录 E 降噪、透传指标定义及计算方法

E.1 最大降噪深度

- (1) 定义：主动降噪曲线的最小值的绝对值
- (2) 计算方法：
 - ① 对 $P_{off}(t)$ 、 $P_{on}(t)$ 进行1/3倍频程变换得到 $P_{off}(f)$ 、 $P_{on}(f)$
 - ② 得到主动降噪曲线： $ANC(f) = P_{on}(f) - P_{off}(f)$
 - ③ 得到最大降噪深度 $\max |ANC(f)|$

E.2 降噪频宽

- (1) 定义：主动降噪曲线数值连续小于0dB的最大频率区间
- (2) 计算方法：
 - ① 对 $P_{off}(t)$ 、 $P_{on}(t)$ 进行1/3倍频程变换，得到 $P_{off}(f)$ 、 $P_{on}(f)$
 - ② 得到主动降噪曲线： $ANC(f) = P_{on}(f) - P_{off}(f)$
 - ③ 得到主动降噪带宽： $\max (ANC(f) < 0|f)$

E.3 主动降噪平均深度

- (1) 定义：在特定的频率区间(50Hz-1.0kHz)倍频程频点对应的降噪数值平均值
- (2) 计算方法：
 - ① 对 $P_{off}(t)$ 、 $P_{on}(t)$ 进行4096点汉宁窗的FFT变换得到 $P_{off}(f)$ 、 $P_{on}(f)$
 - ② 计算三分之一倍频程下的频率曲线 $P_{off}(f_{3-octave})$ 、 $P_{on}(f_{3-octave})$
 - ③ 得到主动降噪曲线： $ANC(f_{3-octave}) = P_{on}(f_{3-octave}) - P_{off}(f_{3-octave})$
 - ④ 根据主动降噪频宽得到的起始降噪频率 f_{start} 和截止降噪频率 f_{stop}
 - ⑤ 计算平均降噪深度 $\frac{\sum_{i=0}^N ANC(f_i)}{N}$ $f_i \in (f_{start}, f_{stop})$

E.4 左右耳降噪一致性

- (1) 定义：在管控频率区间内，左右耳主动降噪曲线误差小于5dB
- (2) 计算方法：
 - ① 对左耳 $left_P_{on}(t)$ 进行1/3倍频程变换得到 $left_P_{on}(f)$
 - ② 对右耳 $right_P_{on}(t)$ 进行1/3倍频程变换得到 $right_P_{on}(f)$

- ③ 计算管控频率区间得到主动降噪的左右耳一致性： $\max [|right_P_{on}(f) - left_P_{on}(f)| < 5|f]$

E.5 透传频宽

- (1) 定义：透传曲线与开耳幅频响应曲线满足误差范围小于6dB对应的最大的频宽
 (2) 计算方法：
 ① 计算开耳状态以及透传开启状态的时域信号的幅频特性曲线 $open(f)$ 、 $HT(f)$
 ② 计算透传频宽 $\max [|open(f) - HT(f)| < 3|f]$

E.7 左右耳透传一致带宽

- (1) 定义：左右耳主动降噪曲线在误差小于5dB对应的最大频率区间
 (2) 计算方法：
 ① 对左耳透传状态音源 $left_ht(t)$ 进行 4096 点汉宁窗的 FFT 变换得到对应的幅频特性曲线 $left_ht(f)$
 ② 对右耳透传状态音源 $right_ht(t)$ 进行 4096 点、汉宁窗的 FFT 变换得到对应的幅频特性曲线 $right_ht(f)$
 ③ 计算左右耳一致的频率区间得到透传带宽： $\max [|right_ht(f) - left_ht(f)| < 5|f]$

注：透传有效带宽使用（-6dB, +6dB）范围标准进行约束。

参考文献

- [1] 中国电子音响行业协会, 高保真音频产品 CPHA 评测评价规范: <http://caianet.org.cn/uploadimage/202404/a5a2f919-652f-440e-a85f-bde0defef065.pdf>.
- [2] M. Ur Rehman Y. Gao Z. Wang J. Zhang Y. Alfadhl X. Chen C.G. Parini Z. Ying T. Bolin, (2010), Investigation of on-body Bluetooth transmission, IET Microwaves, Antennas & Propagation.
- [3] 腾讯游戏, 和平精英: <https://gp.qq.com/>。
-