

Audinate
白皮书
December 2019
R19

Dante, AES67, SMPTE ST 2110 之间的关系

➤ 介绍 SMPTE ST 2110 在 Dante 系统的应用



前言

2019 年 9 月起，所有 Audinate 启用的 SMPTE ST 2110 标准都已经正式公开可用。同时我们也对已启用的 AES67 标准进行了升级，使其可以与 ST 2110 兼容并可以手动确定组播流地址。

Audinate 认为，ST 2110 互操作性的发布正是我们展示 Dante 是如何与开放标准共同合作的绝佳时机。本文还会针对我们从现今市场中听到的某些传闻或误解进行澄清，尤其是与 PTPv1 和 PTPv2 相关的内容。

目录

pg.	
1.	音频网络简史
1.	网络解决方案
1.	遗留的财富: CobraNet 与 EtherSound
1.	以太网的发展
2.	Audinate 眼中的 AES67
2.	起源：网络解决方案之间互操作性的需求
3.	“互操作性标准”的诞生（对比“网络解决方案”）
5.	根据工作选择正确的工具
6.	Audinate 眼中的 SMPTE ST 2110
6.	视频方面：SDI 的革命性替换
6.	音频方面：AES67 的渐近式提升
9.	Audinate 启用 AES67 和 SMPTE ST 2110
9.	选择一个模式：AES67 或 SMPTE ST 2110
10.	AES67 支持回顾
10.	v4.2 版本的 AES67 支持
11.	v4.2 版本的 SMPTE ST 2110 支持
13.	汇总 - 实际操作
14.	附录 - 常见问题解答
14.	PTPv1 和 PTPv2
17.	其它常见说明
19.	参考文献

音频网络简史

网络解决方案

遗留的财富：COBRANET 与 ETHERSOUND

CobraNet (1996) 和 EtherSound (2001) 被广泛认为是第一代成功的商业音频网络。CobraNet 最早使用 10Mbit 以太网；使用 100Mbit 以太网连接的两人都取得了显著的成功。系统设计者们对这些技术进行扩展，以此来建立包括会议中心、机场、主题公园、体育馆和现场音乐会等系统在内的大规模系统。

以太网的发展

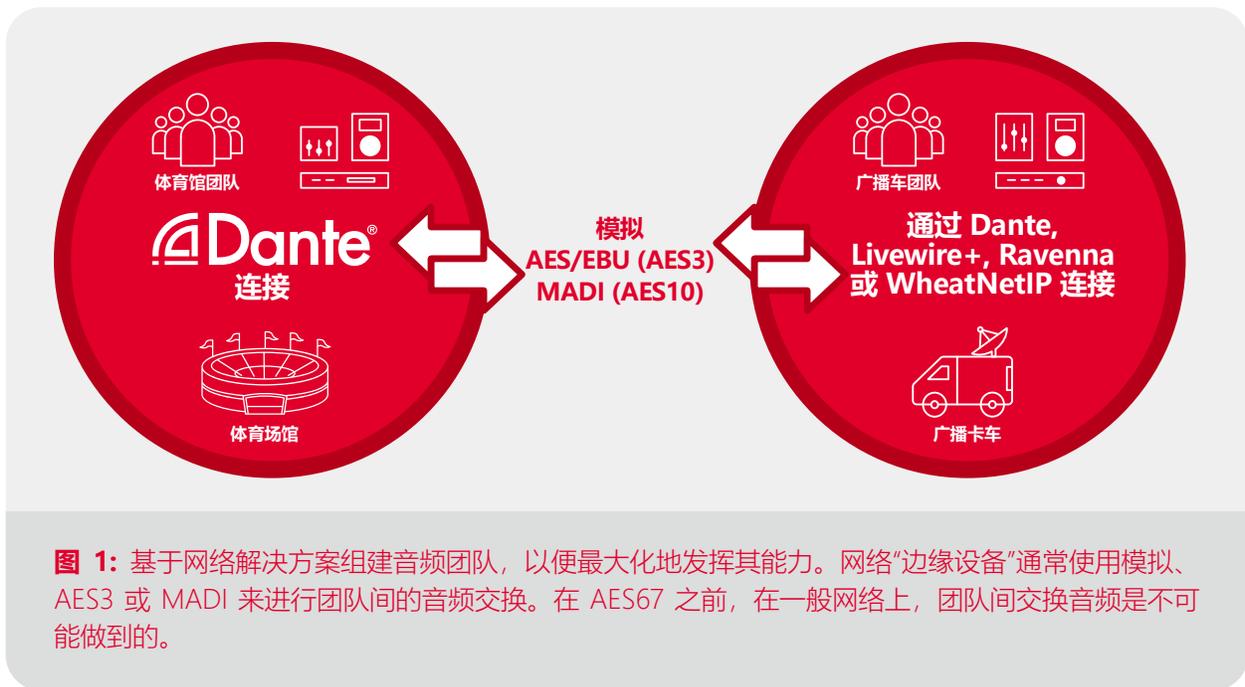
在随后的几年里，对媒体网络至关重要的以太网标准大幅提升，不断完善。在这段时间，所有打算继续开发 Dante 的人都积极参与，为例如互联网工程任务组 (IETF) 这种标准组织撰写不同主题的文档，尤其着重于零配置网络、实时传输协议 (RTP)、精确时间协议 (PTP) 以及服务质量 (QoS) 等类型的主题。

(Audinate, 2019)

起初，Audinate 研发团队依据那些新兴和成熟的网络标准，利用自己的专业技能搭建 Dante。这为 Dante 带来前所未有的性能：紧密同步、低延时、可扩展规模和适应不同网络速度和技术的能力。

例如，早期网络使用从数据包流中恢复时钟的方法。而在 Dante，Audinate 引用了与 PTP 同步并生成所需的媒体时钟这一方法。这一方法极大地放松了对 QoS 的要求。数千媒体数据包不再有严格的 QoS 要求，只有极个别同步数据包需要流量优先级。

由于 CobraNet 和 EtherSound 的使用早于这些标准，这些工程师必须开发专门应对这些挑战的方法，而随着以太网不断成熟，带宽更宽，这些方法却未能相应地自发成熟。因此，这些先进的系统最终止步不前，成为遗留系统。



由于广播音频系统设计开始采用网络解决方案，他们需要具有与传统广播基础设施的兼容性。所以，解决方案是放置一个转接设备到网络边缘，以便提供像模拟、AES3 和 MADI 接口那样的传统连接方式。(Harvey, 2014)

由于更多的制作团队开始采用以网络为基础的解决方案，通常情况下是一个团队使用的边缘设备与另一个网络上的边缘设备进行通讯。每个联网的系统都变成一座岛，模拟、AES3 和 MADI 则是系统间“检查站”的通用语言。

Audinate 眼中的 AES67

起源：网络解决方案之间互操作性的需求

早在 2009 年，来自音频工程协会的技术委员会团队就撰写了名为《网络音频最佳实践 (Best Practices in Network Audio)》的白皮书，开始认识到“岛屿间操作”这一情况。在此，他们观察到了相似性和差异：

由于所有的音频网络都使用未压缩的 PCM 数据，因此在编解码器或数据压缩等音频数据中并没有复杂的差异。当时许多网络使用不可合并的专有基带通信，而 Dante 和 Livewire 则使用标准以太网架构。“跨平台”连接似乎是可能的。

然而，数据包中的数据相似，流格式却不同，同步方案和 API 控制也是如此。实际操作中，若没有重大的新发展，这些系统是无法直接链接的。我们需要新的解决方案，使他们可以在网络上直接兼容。(Bouillot, et al., 2009)

在接下来的时间里，AES67 开始被制定。这一标准出版于 2013 年，并分别于 2015 年和 2018 年进行了更新。在 2015 年 10 月的纽约 AES 展会上第一次正式对公众进行了展示。(MNA, 2015a)

“互操作性标准”的诞生 (对比“网络解决方案”)

媒体网络联盟 (MNA) 是为提高行业对 AES67 的认识而成立的行业组织。他们对 AES67 的描述如下：

“AES67 使网络音频[[解决方案]，例如 Dante、Livewire+、Q-LAN、Ravenna [[和 WheatNet IP] 之间的网络音频流的互操作性成为可能。它不是一项新技术，而是通过桥接完成的兼容模式。”(MNA, 2015b)

在这里，我们可以看到 MNA 制定的 AES67 所扮演的角色与市场中其它网络解决方案是不同的。那时还没有能够用来描述 AES67 的术语，这是个全新的概念。而在内部，Audinate 给出了两个定义：

互操作性标准： 例如。 – AES67, SMPTE ST 2110 音频

意义：一个在相互竞争的网络解决方案的产品间，通过 IP 进行的基本音频或视频传输的蓝图。互操作性标准通常缺乏控制和管理网络流的管理工具，这仍需要手动操作。

博世一直支持在 Dante 平台中包含开放标准。这是一个成功的解决方案，能保持在所有平台的通用互操作性的同时提供高级功能，并持续创新。当有人问我，他们是否应该使用 Dante、AES67 或 ST 2110，现在我可以简单的回答：“应该。”

– 伊森·韦策尔 (ETHAN WETZELL) ， 博世通讯系统

互操作性标准通常是由某个开放标准委员会控制的。由于众多公司同时重复开发同一功能，集中进行的产品间互操作性测试只能是极少数情况下才会出现，并且范围有限。如果出现问题，没有独立的支持团队来解决。

网络解决方案： 例如 - Dante、Livewire+、Q-LAN、Ravenna 和 WheatNet IP

意义：一套解决网络音频或网络视频联网的完整方案，解决媒体传输问题并提供控制管理系统的管理工具。使其在现实世界中更加便利。这些服务的特征包括发现探索、流控制和管理、性能测量、访问安全和网络监控。

网络解决方案通常是由私人团队开发控制的，因此可以更好地控制组件、固件/软件的开发和测试过程，提供一致的体验和更高的可靠性。而在 Dante 系统中，互操作性测试是自动进行的，无需使用“互操作插件”或进行设备认证。如果出现问题，可以向有专业人士的组织寻求帮助，专业人士可以确定问题的性质，并与制造商共同合作，解决问题。

网络解决方案同样能将应一起使用的产品更好地集成起来。坚持一款网络解决方案能够使设计的整体效果远远优于简单的部分之和。

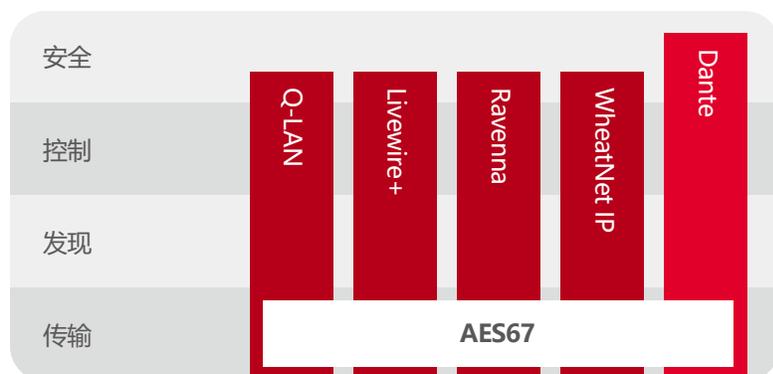


Figure 2: 相比 AES67 这样的互操作性标准，Dante 这样的网络解决方案能提供更多功能。AES67 允许在网络解决方案之间使用通用格式，这一基本性质是它的优势。
(SSL, 2019)

图 2 清楚地将网络解决方案与开放标准中各自相对应的能力进行了对比。相比开放标注，网络解决方案能够应对更高级别的网络管理和安全问题。然而，这一图表掩盖了不同网络解决方案之间的差异，这些差异很有可能是巨大的。

当然，不同网络解决方案背后的各组织会对他们以自己的方式进行的这些设计有着十分坚定的信念。因此，AES67 中高级别功能的缺乏不应该算作技术委员会的失误。相反，技术委员会避免这些辩论的做法是明智的。在有限范围内保持务实的态度 - 仅关注传输部件 - AES67 既不会由于过于重要而难以在不同的解决方案中达成一致，也不会由于过于复杂而难以实施。

(Williams, 2015)

虽然作为独立技术，AES67 自行部署的能力是毋庸置疑的，但如果想将其用作网络解决方案，它就会显得既繁琐又受到限制。任何使用过类似 Dante 这样的网络解决方案的人都会立刻意识到，若使用 AES67 需要进行额外工作，而像 Dante 这样的网络解决方案则会大大改善使用体验。

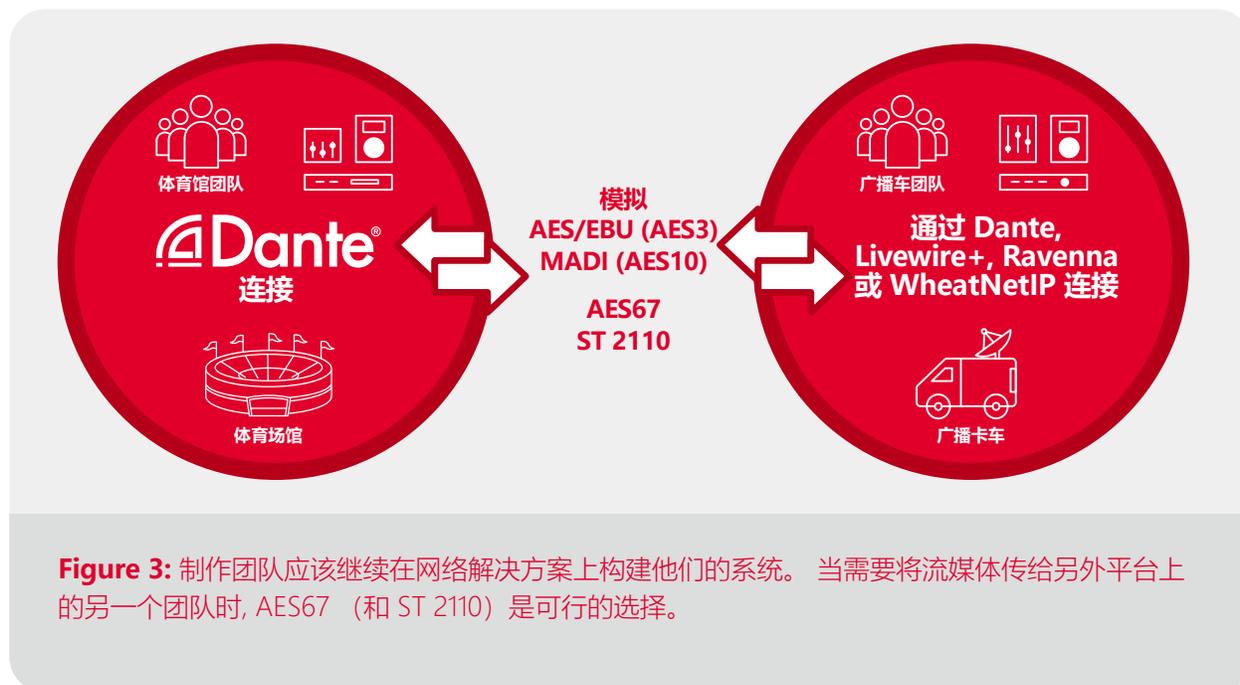
在最好的情况下，AES67 通常需要技术人员手动设置时钟结构。然后，要建立订阅，他们需要手动在每个设备“使用物理方式 (U 盘等)”“建立会话描述协议 (SDP) 文件。毫无疑问，这一过程需要技术人员安装并管理几个实用程序和 网页浏览器选项卡，其组合将随着被连接的产品而产生改变。

但是 AES67 能将来自不同音频网络解决方案的产品连接在一起。这种为了在不同网络解决方案之间获得音频的折衷方案直接牺牲了重要功能。

根据工作选择正确的工具

在为工程或制作团队设计系统时，将团队所需要用到的设备先列一个清单，再将它们都放到同一网络解决方案中会是一个明智的选择。这将极大地减少所需的应用程序数量，提供产品之间更深层次的控制集成以及系统诊断和监视的通用方法。

(Yamaha, 2016)



产品系列的优势是显而易见的。目前很少有基于网络交换机的标准，但是在整个网络设计中选择产品线或品牌是很常见的。优势都是一样的：更加一致、更加集成。

这不仅仅只是一个用户友好的界面。Dante 这样的网络解决方案更加稳健。需要手动设置的系统出现故障时也需要手动恢复；而可以自动设置的系统出现故障时则可以自动恢复，甚至是无缝恢复。

当混合音轨、音乐重放和内通对讲需要在不同网络解决方案的团队之间传输时，AES67 会是一个可行的选择。Dante 设备可以同时发送和接收 Dante 和 AES67。您可以在拥有 AES67 互操作性以备不时之需的同时，拥有功能先进、强大的 Dante 网络解决方案。



图 4: 支持 AES67 和/或 ST 2110 的 Dante 设备可以同时发送和接收 Dante 和互操作性标准。操作人员不必选择一种格式，他们也可以为每个流选择正确的工具。

Audinate 眼中的 SMPTE ST 2110

SMPTE ST 2110 是一套标准和规范。尽管它主要关注的是视频传输，但它也能解决流中音频元素的问题。因为 ST 2110 同时针对音频和视频，有些人会很自然地认为这个标准给二者带来了同样的好处。然而 ST 2110 对音频方面来说很有趣，但采用它的原因是完全不同的，理解这一点对于更有效地进行系统设计至关重要。

视频方面: 针对 SDI 的革命性替换

视频制作一直受到带宽的挑战。在任何制作数字视频的最初阶段，都要先决定用什么分辨率进行拍摄，以及是否使用视频压缩和/或限制色度抽样。

ST 2110 的创始愿景是非常大胆的。开发团队设想了一个 100Gbit 交换机更加普及的世界，认识到这将使 8K 无压缩视频成为现实（随着网络速度的不断提高，视频甚至更高清）。以前压缩视频所消耗的能量可以重新加以利用，用于转发数据包。

但相比 SDI，ST 2110 不仅增加了带宽，也更加高效灵活。当 SDI 将音频、视频和辅助数据封装到一个串行管道中时，ST 2110 则是将这些元素分离为独立的流。比如，仅消隐区域就占据了 HD-SDI 带宽的 16%-38%。(McAdams, 2015)

通过分离音频、视频和辅助数据流，ST 2110 为参与设备提供实质性的带宽缓解，完成了对 SDI 的改进。参与视频制作的所有设备提供商都很赞赏这一改进。

对于视频专业人士来说，将如 SDI 这样的点对点解决方案转移到网络解决方案中的承诺无疑是一种解放。即便没有自动配接和管理工具，ST 2110 依然代表着从 SDI 视频向前迈出的一大步。

音频方面: AES67 的渐进式提升

在 SMPTE ST 2110 的音频方面，这些变化与其说是革命，不如说是演变。ST 2110 音频流本质上是 AES67 的复制品，唯一的区别是仅有的几个参数收紧。这并不是意外导致的。为了防止在同行业中出现相互竞争的通用桥接模式，开发 AES67 的 AES 技术委员会代表与 ST 2110 技术委员会代表展开了合作。因此，关于 AES67 任务的所有内容都适用于 ST 2110，至少作为一个起点来说均是如此。

对音频团队来说，SMPTE ST 2110 的吸引力主要在于与视频领域的整合。过去，有时视频团队使用与 AES3 或 MADI 连接的音频语言，有时音频团队必须使用 SDI 嵌入/去嵌入设备的视频语言。由于音频团队已经在使用网络技术，而 ST 2110 与已为 AES67 完成的工作密切相关，因此对于视频团队来说，采用 ST 2110 是简化链接的可控补充。

流媒体节点的技术金字塔

建立基于 IP 流媒体设施的最低用户要求

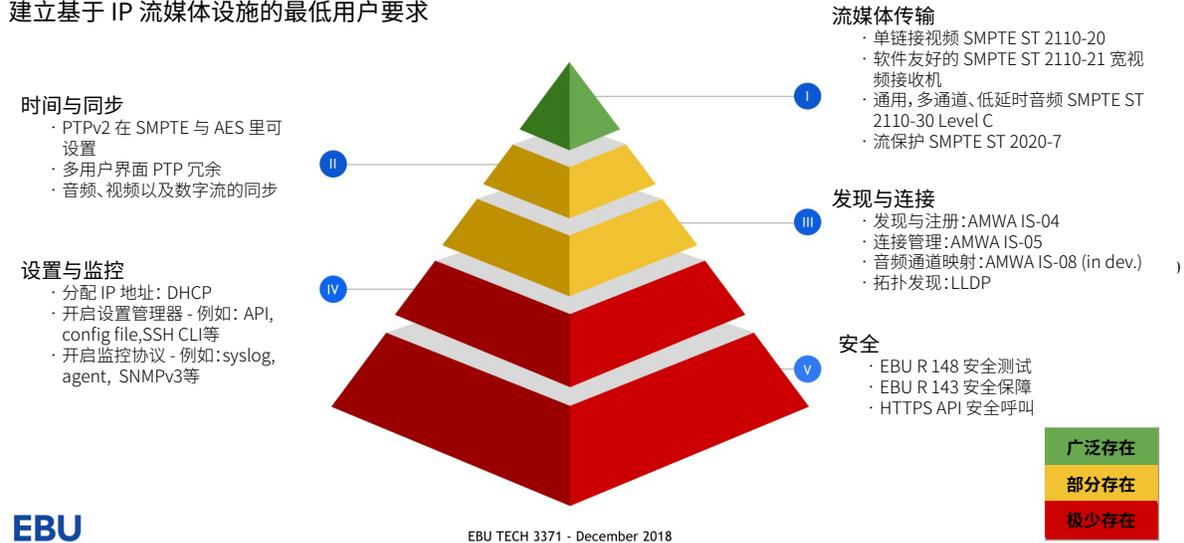


Figure 5: 2018 年, EBU 总结了 JT-NM 路线图在实现“最低用户要求”方面取得的进展。2019 年 11 月, 此幻灯片继续显示 JT-NM 路线图网页上的进展。金字塔的绿色尖端 - 媒体运输 - 是唯一被认为可以广泛利用的。[1]所有其它元素还处于截然不同的发展阶段。(EBU, 2018)

值得注意的是, 各行业组织正试图通过制定更相关的标准和规范来加强 ST 2110。JT-NM 路线图对将改善现有 AES67 或 ST 2110 标准体验的开发进行了详细介绍。EBU 在上述“金字塔”图表中总结了这一进展, 表明其中大多数仍在进行中。

传输元素和同步层已达到稳定点。最近, 被引用于冗余网络配置的 SMPTE 2022-7 被视为稳定运行, 并已包含在 Audinate 的 ST 2110 运行中。

而其它提出的功能远没有那么成熟。当前的 JT-NM 路线图显示, NMOS 元素 (IS-04 发现和 IS-05 连接管理) 在 2018 年第 3 季度至 2019 年第 2 季度的时间段内被广泛应用。(JT-NM, 2018) 当然, 这么说似乎为时过早。

广播公司仍在提出 NMOS 互操作性和稳定性方面面临的重大挑战。鉴于这些困难, 一些重大项目被迫使用 AES67 和 SMPTE ST 2110 的手动路由——至少目前是这样。(BBC, 2019)

Audinate 已公开表达了想要支持 AES67 和 SMPTE ST 2110 的目标。目前无法就采用 NMOS 方面给出官方评论，标准的演变和采用显然是不可预测的。然而，在 2019 年 Inter BEE 展之后，雅马哈和索尼证明了 Dante Domain Manager 是网络架构的关键部分，如果有足够的市场需求，就可以实现 NMOS 的启用。
(H. Hamamatsu, 个人谈话, 2019年11月20日)

超越 IS-04 和 IS-05 后，金字塔的其余部分还没有得到解决。未来，SMPTE ST 2110 支持者希望解决系统配置和监控，以及网络安全功能等问题。

本讨论强化了网络解决方案与互操作性标准不同这一概念。今天，Dante 与 Dante Domain Manager 使用真正成熟的产品解决了 JT-NM 路线图中的所有问题。此外，由于 Audinate 支持 SMPTE ST 2110，Dante 产品可以在网络解决方案的强大功能和开放标准的互操作性这两方面做到两全其美。

在同一芯片组上同时提供 Dante 和 ST 2110 对 SSL、我们的产品和我们的客户来说是重要优势。电视广播系统从根本上说是基于音频和视频的集成，ST 2110 在 IP 基础设施上提供了此互操作性标准。

作为一个完整的网络解决方案，Dante 无需使用专有的 TDM 音频路由器。SSL 的 System T 控制台使用 Dante API，直接从控制台软件控制 COTS 网络基础结构上的音频路由。Dante API 提供自动流创建以及单播可能性。在处理视频相关的音频带宽相对较低却有高信道计数要求时，尤其是在考虑单声道路由时，两者都是有利的。

– 汤姆·诺尔斯 (TOM KNOWLES), SOLID STATE LOGIC

Audinate 启用 AES67 和 SMPTE ST 2110

2019 年 9 月起，所有 Audinate 启用的 SMPTE ST 2110 标准都已经正式公开。这包括某些有设备固件 v4.2、Dante Controller v4.2 和 Dante Domain Manager v1.1 的 Dante 芯片组。

由于 Dante Domain Manager 服务器加强了许多功能，因此了解此服务器提供的好处及其所起的作用会很有帮助。观看右侧的入门培训视频，了解有关核心功能和术语的更多详细信息。该系列中的其它视频可以回答有关时钟和第 3 层网络的更多问题。



 YouTube

深入了解 Dante Domain Manager (16:52)

https://youtu.be/xCY3JNpCu_k

选择一个模式: AES67 或 SMPTE ST 2110

要在 Dante 设备上使用 AES67 或 ST 2110，用户需选择一个开放标准来支持。其意义与兼容性无关——AES67 和 ST 2110 可以兼容。(AIMS, 2019) 这一选择更多取决于您想如何进行工作。

每种模式的功能和要求反映了各自标准组织在其互操作事件中提出的要求。随着 SMPTE ST 2110 功能开始工作，很明显，这些群体对控制深度的要求远远高于 AES67 早期用户的想法。提供两种模式似乎比要求现有 AES67 用户承担额外的责任，并学习自然固件更新后出现的重要新控件要好得多。因此，这两种模式诞生了。

需要注意的是，对于 AES67 来说，Dante Domain Manager 是可选的。而对于 SMPTE ST 2110 来说，深度配置需要 Dante Domain Manager 提供一套中央管理解决方案。

AES67 支持回顾

2015 年, Audinate 首次在 Dante 平台增加了 AES67 支持。2018 年, Roland Hemming 发布了行业调查, 统计了支持各种网络音频方式的各种产品——包括 AES67。他估计市场上 75% 的 AES67 设备本身都是 Dante 设备。(Hemming, 2018)

Audinate 最初启用的 AES67 适合不需要或不强求手动管理的小型网络或系统。设备会基于 PTPv2 标准定义的最佳主时钟算法 (BMCA) 选则流程, 自动进行 PTPv2 时钟协商。AES67 组播音频流可以被传输和接收。

在创建组播音频流时, 一套标准配置的文件会应用于会话描述协议 (SDP) 文件中的大多数参数。传输设备会生成一个会话通知协议 (SAP), 这样其它的设备就可以发现它。会话通知协议 (SAP) 是一种被 AES67 标准承认的互联网工程任务组 (IETF) 标准。Audinate 添加了 SAP 使 AES67 可以启用基准即插即用操作模式, 该模式基于标准并由 Dante 设备提供支持。

Dante 设备接收 AES67 流时需要会话通知协议 (SAP), 这样 Dante Controller 可以发现流并指导 Dante 设备订阅该流。如果发射器不提供会话通知协议 (SAP), 则需要使用外部实用程序生成协议。由于 AES67 标准不能解决冗余问题, AES67 只能用于主网络, 即便 Dante 设备为 Dante 的网络冗余提供支持也是如此。

v4.2 版本的 AES67 支持

配有/未配有 DANTE DOMAIN MANAGER V1.1 的不同特征:

- Audinate 的 AES67 SDP 配置文件已经进行了升级, 添加了固定时间偏移, 使流可兼容 SMPTE ST 2110。
- 现在可以对组播 IP 地址进行手动设置, 并为传输流手动配置端口。

使用配有 DANTE DOMAIN MANAGER V1.1 时:

- 使用 Dante 设备固件 v4.2 和 Dante Domain Manager v1.1, 设备可以使用 AES67 并同时注册在 Dante Domain Manager 中。
- 如果发射器不提供会话通知协议 (SAP) 或不希望在网络上发布通知, Dante Domain Manager v1.1 可以接受手动会话描述协议 (SDP) 输入并将特定域中的流显示给 Dante Controller 实例。这对于将大型网络的结果进行管理上的过滤特别有帮助。
- Dante 设备可以从其它 Dante 设备接受 AES67 和 ST 2110 流。会话描述协议 (SDP) 数据可以通过 Dante Domain Manager v1.1 退回到 Dante Controller, 而播放只会出现在特定的域中。

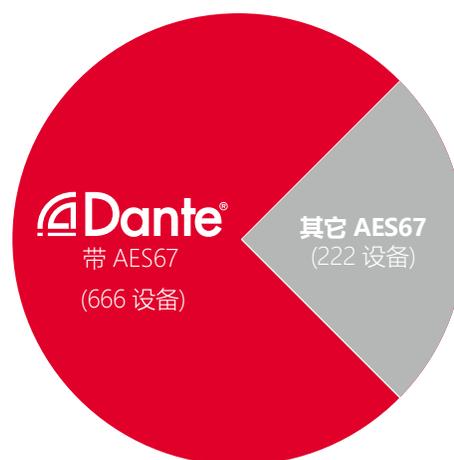


图 6: 支持 AES67 的 Dante 设备大约占市场上所有 AES67 设备数量的 75%。(Hemming, 2018)

v4.2 版本的 SMPTE ST 2110 支持

支持 SMPTE ST 2110 需要配备 Dante Domain Manager。Dante Domain Manager 界面提供对时钟分布和会话描述协议 (SDP) 描述的精细控制，并按域将这些设置传输到设备上。

与其它需要手动转录设备到设备参数的解决方案相比，Dante Domain Manager 的集中管理极大地提高了设置速度并缩短了故障排除时间。Dante Domain Manager 还可以锁定在其管理下的设备的连接。

此外，Dante Domain Manager 可以限制某些用户的控制。比如，管理员可以创建只能在他们系统内路由音频的音频操作员，而系统技术人员却可能被允许更改 IP 设置或对系统集会上设置时钟树。这些功能在大型安装中非常关键，可防止因误点鼠标和键盘而出错。

Create Multicast Flow

Dante-Demonstration-Device supports up to 64 channels per flow.

Select one or more transmit channels to be placed in multicast flows.

Flow Config (Optional)

Dante SMPTE A SMPTE B SMPTE C

Packet time: 1 msec

Destination Address: Auto Manual

Primary IP Address: 239 . 69 . 21 . 101

Primary Port: 5004

Secondary IP Address: 239 . 169 . 21 . 101

Secondary Port: 5004

Channel Name	<input type="checkbox"/> Add to New Flow
Left	<input type="checkbox"/>
Right	<input type="checkbox"/>
Digital L	<input type="checkbox"/>
Digital R	<input type="checkbox"/>
05	<input type="checkbox"/>
06	<input type="checkbox"/>
07	<input checked="" type="checkbox"/>
08	<input checked="" type="checkbox"/>

Create Cancel

Figure 7: 在 Dante 设备上进行的 ST 2110-3x 流配置的屏幕截图。选择参与通道，SMPTE ST 2110 音频电平以及组播流地址。



Audinate 的 SMPTE 标准支持	
SMPTE 2059	PTPv2 媒体配置文件 (aka IEEE 1588-2008)
SMPTE 2110-10	系统计时模式 (设备间)
SMPTE 2110-30	音频传输 (与 AES67 类似)
SMPTE 2110-31	Bit Transparent Delivery (比特透明传输)
SMPTE 2022-7	弹性 (冗余)

SMPTE “音频电平”		
	说明	包时间
A	1 - 8 channels	1.000msec
B	1 - 8 channels	0.125msec
C	1 - 64 channels	0.125msec
(所有流均为 24-bit, 48kHz)		

ST 2110 系列: Audinate 支持以上列表的 SMPTE 标准和音频电平。

配备冗余端口的 Dante 设备也支持具有 SMPTE 2022-7 网络冗余的 SMPTE ST 2110 流。

随着 AES67 的改进，操作员可以在主要网络和次要网络手动输入组播 IP 地址和端口。会话描述协议 (SDP) 文件可以经由 Dante Domain Manager 导入并按域显示。此外，如果需要，Dante 设备可以用于接收来自其它 Dante 设备的开放标准流。

作为 Dante 的早期用户，Focusrite 在现场部署了数以万计的支持 Dante 的 RedNet 接口。随着行业逐渐从 SDI 迁移到 IP 主干网，Audinate 为 Dante 解决方案添加的 ST 2110 连接至关重要。实际上，这一免费固件更新显示了 Audinate 对 Dante 和 Focusrite 客户的长期支持。

- 里奇·内文斯 (RICH NEVENS) , FOCUSRITE

汇总 - 实际操作

音频世界的网络解决方案已经有超过 20 年的使用历史了。所有的开发都是在考虑到客户和用例的情况下进行的，不仅考虑到基本技术，还考虑了能有效管理工作流的工具。

Dante 代表了音频网络的转折点。以标准为基础搭建的 Dante 使系统能达到新的性能水平和规模。此外，Dante 的开发也考虑到了网络工作流，因此 Dante 所提供的不仅仅是创建订阅的工具。Dante 提供部署、管理、保护和维护系统的综合解决方案。

雅马哈长期以来一直以“格式中立性”而闻名，这种声誉来自我们能提供超过 30 种连接格式和选项的 MY 卡。对这种选项卡的维护既不是出于兴趣，也不是以利润为核心，只是为我们生产优质专业音频工具这一核心业务提供支持而必须要做到的事情。

在将近十年的时间里，我们密切跟随 AES67 以及后来的 ST 2110 的发展，与 Audinate 和其它关键的 Dante 许可方保持着密切合作。如今，我们很高兴地看到我们的客户十分欣赏他们在系统设计中采用的 Dante，并非常享受能与其它设施系统完美兼容的 Dante 本地解决方案所带来的便利。

- TAKU NISHIKORI, YAMAHA

像 AES67 和 ST 2110 这样的互操作性标准都以不同的方式发展。他们的目标是为可在多个提供商之间实现的网络流提供蓝图。操作方式通常保持原始方式，常见流程经常需要进行手动操作。制造商必须将工作投入到需要进行互操作性测试的重复代码库中。然而，在以网络解决方案为基础建立的团队中移动数据时，互操作性标准是一个可行的选择。

需要注意的是，ST 2110 带来的机遇对于音频和视频来说是完全不同的。对于视频团队来说，从过时的点对点 SDI 连接迁移到基于 IP 的解决方案的机会代表着巨大的进步。但对于音频团队来说，即使 ST 2110 即将推出 NMOS，但还是 Dante 等网络解决方案为系统部署、维护和安全性提高了成熟度和功能性。

鉴于这一切，最好的建议是将音频制作团队聚集在一起，并让他们使用同一个网络解决方案（如 Dante）。当需要连接到不同网络解决方案的团队或基于 ST 2110 标准的视频团队时，Dante 对 AES67 和 ST 2110 互操作性标准的支持可以允许他们直接在网络上进行通信。

附录 - 常见问题解答

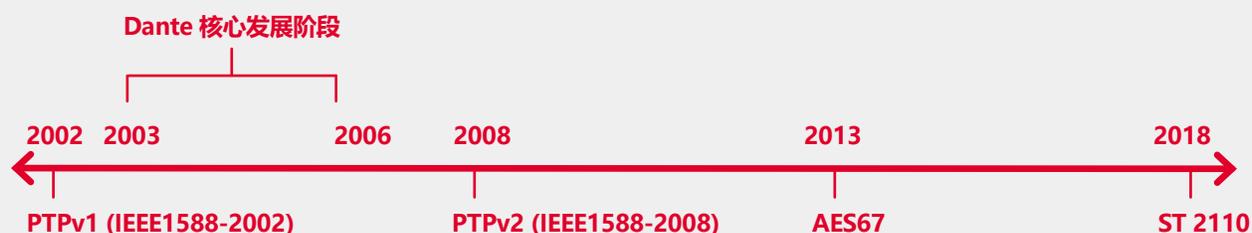
PTPv1 与 PTPv2

IEEE1588-2002, 精确时间协议 (PTPv1) 被许多行业用于进行精确到亚微秒级别的网络上的设备同步。在音视频世界中, 这种精确度可以让联网的音频和视频设备从 PTP 时钟中派生出一个通用字时钟或视频同步。因此, PTP 取代大量的 BNC 时钟分布和其它机制对各种周期性时钟进行联锁。

发布 PTPv1 时, Dante 的同步和传输机制核心开发正处于快速发展阶段。PTPv2 稍晚发布, 并被 AES67 和 SMPTE ST 2110 采用。

这两个版本在业内引起了许多误解。本常见问题解答将对 PTPv1 和 PTPv2 的问题进行解释。

PTP 开发/使用时间表



Q: Dante 设备可以使用 PTPv2 进行网络同步吗?

A: 可以

Audinate 在 2015 年引入了 AES67 支持, 并且于 2019 年引入了 SMPTE ST 2110 支持。任何与两种模式之一接合的 Dante 设备都更倾向于 PTPv2。AES67 和 ST 2110 模式的表现略有不同:

启用 AES67 后, Dante 设备将参加最佳主时钟算法 (BMCA) 选则, 以便根据 PTPv2 中规定的优先级规则协商主时钟。

启用 SMPTE ST 2110 后, Dante 设备可以根据 ST 2110 标准选择强制进入仅从模式。当开启仅从模式时, Dante 设备会在从属状态下等待最优主时钟出现在网络上。Dante Domain Manager 提供控制接口, 持续在设备组之间进行管理上的时钟配置设置。

Q: PTPv1 和 PTPv2 可以在网络上同时存在吗?

A: 可以。实际上, PTP 标准明确要求 PTPv1 和 PTPv2 同时存在。

PTPv2 标准的第 10.1 节特别要求 PTPv1 和 PTPv2 在网络中共存, 并对其工作原理的常识性基础规则进行了说明。(IEEE, 2008) 任何干扰 PTPv1 流量的 PTPv2 系统都不符合规定。

Q: 为什么 Dante 设备仍同时使用 PTPv1 和 PTPv2?

A: 向后兼容性。

已部署的 Dante 设备数以百万计。保留 PTPv1 支持以便在任何时候都能保证向后兼容性。

Q: Dante 设备如何做到同时运行 PTPv1 和 PTPv2?

A: 边界时钟。

广播公司习惯于建立更大的计时结构。最优主时钟是原始时钟, 它可以将信号分发到计时域中的多个设备上。某些设备将充当“边界时钟”, 将时钟重新分配给更多下游设备或附加边界时钟。这样, 链就可以继续构建时钟树。此环境中的任何从属都将同步到其最近的边界时钟。

所有支持 AES67 或 ST 2110 的 Dante 设备都倾向于使用 PTPv2 作为主时钟源。在这些设备中, 一个将在 Dante 时钟选择过程中被提升成为在单独的计时域中重新分配 PTPv1 的边界时钟。

此方法是在 2015 年随 AES67 的公布首次实施的。许多人不知道这个功能的原因可能是因为它是一个自动的流程, 因此不需要进行任何特定的操作来调用这一功能。当然, Dante Controller 和 Dante Domain Manager 提供可以用来对时钟架构进行手动控制的工具, 但对于普通操作来说并不需要这样做。

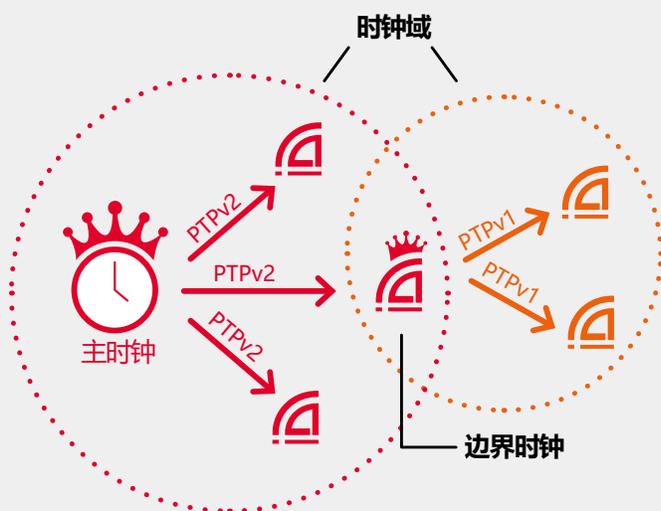


图 8: 支持开放标准的 Dante 设备同时使用 PTPv1 和 PTPv2。使用 AES67 或 ST 2110 时, 倾向于使用 PTPv2 主时钟。[]在寻找 PTPv2 的 Dante 设备中, 将有一个设备被自动选择为仅支持 PTPv1 的任何设备的边界时钟。

Device Name	Sync	Mute	Clock Source	Domain Status	Primary v1 Multicast	Primary v2 Multicast	Secondary v1 Multicast	Secondary v2 Multicast	Preferred Master	Enable Sync To External
192.168.1.0/24										
FoH-MixConsole	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
FoH-ReferenceAmp	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	N/A
FoH-StageBox	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
FoH-VirtualSoundcheck	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	N/A	N/A	Slave Only	N/A
Monitors-MixConsole	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Monitors-PersonalMonitorMixer	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Monitors-ReferenceAmp	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	N/A
Monitors-StageBox	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Monitors-VirtualSoundcheck	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	N/A	N/A	Slave Only	N/A
Record-DAW	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Record-DAW-Backup	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Record-MixConsole	■		Dante	Disabled	Master	Slave	Master	Slave	<input checked="" type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Record-ReferenceAmp	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	N/A
Record-StageBox	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
Record-StageBox-AudienceMics	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
SFX-BackingTracks	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	N/A
SFX-MixConsole	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
SFX-ReferenceAmp	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	<input type="checkbox"/>
SFX-StageBox	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
StageLeft-BackingTracks	■		Dante	Disabled	Passive	Slave	Passive	Slave	<input type="checkbox"/>	N/A
StageLeft-RackSpeaker	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
StageLeft-StageBox-1	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
StageLeft-StageBox-2	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
WirelessInEars-01-16	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	N/A
WirelessMics-01-24	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
192.168.2.0/24										
Backstage-Amp-GreenRooms	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	N/A
Backstage-Amp-Walkways	■		Dante	Disabled	Slave	N/A	Slave	N/A	N/A	N/A
Backstage-DSP	■		Dante	Disabled	Master	Slave	Master	Slave	<input checked="" type="checkbox"/>	N/A

图 9: Dante Controller v4.2 显示 PTPv1 和 PTPv2 在主要网络和次要网络上的状态。

Q: Dante 可以使用 GPS 时钟吗？

A: 可以。此外，这一功能在 Dante Domain Manager v1.1 得到了加强。

很多 PTP 最优主时钟可以使用 GPS 作为其时钟来源。这样，即使子系统之间的连接不够稳定，无法支持 PTP，大规模网络或地理上不同的系统也可以同步运行。实际上，GPS 会成为最优主时钟。

当您添加 Dante Domain Manager 时，您可以更直接地与 GPS 时钟交互，并更精细地控制计时域和用于同步分发的树的创建。

Q: Dante Domain Manager 如何在所管理的 Dante 域中使用 PTP？

A: PTPv1 和 PTPv2 都用于确保在不需要自定义交换机设置的前提下能够在跨路由网络基础结构间进行无缝操作。

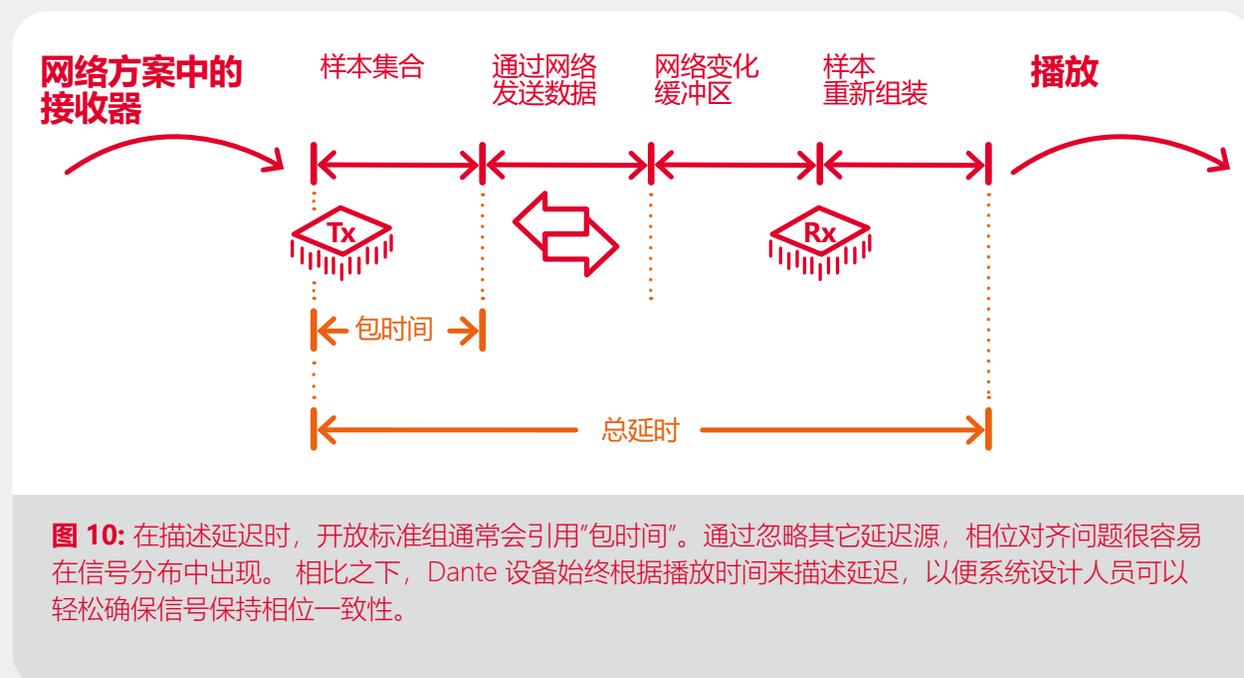
每个域中的每个子网络都会有自己的边界时钟（如图 8 所示）。边界时钟可以使用单播版本的 PTPv2 或在网络上已解析 PTPv2 源跨路由器进行连接。Dante Domain Manager 管理员可以对时钟树设计进行精密控制。

其它常见说明

Q: AES67/ST 2110 包时间与延时一致吗（像 Dante Controller 设置的那样）？

A: 不。包时间（打包时长）是唯一会造成延时的部分。

音频流不需要太多数据。实际上，如果一个通道的一个样本在网络数据包中发送，数据包传递的开销将远远超过其中的音频数据。因此，音频网络将音频数据捆绑在两个维度上：多个通道的多个样本被缠绕合并到同一网络数据包中。



打包时长（包时间）：在数据包被发送到网络之前样本集合所用的时间长度。

总延时（播放时间）：端到端延迟，从音频样本传递到发射器开始直到它播放出接收器为止。

除了打包时间之外，数据包必须遍历网络，在接收器处重新组装，并在缓冲区中等待播放时间。AES67 标准第 7.2 至 7.5 节规定，这些因素应至少为 500μsec 的较长时间或数据包时间的两倍。(AES, 2018)

AES67 和 ST 2110 对延时进行描述时，包时间通常是重点。使用 AES67 将信号分发到多个目标位置时，生成的播放时间可能有很大差异，会受到端点功能的影响。这可能会导致分布中出现令人诧异的相位一致性问题。

Dante 生态系统始终通过播放时间描述延迟，确保能够在多个端点之间更准确地保证相位对齐。

Q: 可以用一台 Dante 设备发送 AES67 或 ST 2110 流到另一台 Dante 设备吗?

A: 如果有 Dante 设备固件 v4.2 和 Dante Domain Manager v1.1 的话就可以。

在 Dante Domain Manager v1.1 之前，Dante 设备之间不会互相发送 AES67 流，而是使用 Dante 流。这无疑反映了 Audinate 的观点，也就是工程师将尽可能选择网络解决方案而不是开放标准。这样的观点是根植于最佳实践理念的。

如果 Dante 设备从同一发射器接收 Dante 流和 AES67 流，则每个流都将会会有自己的延迟规则。因此，不同的流可能具有不同的播放时间，从而导致相位相关信号上出现可听见的相位伪影。在这些情况下，通过坚持使用 Dante 订阅，可以避免这些问题。

但是，有些客户拥有在 Dante 设备之间采用开放标准流的有效用例。通常，这些会涉及到将信号拆分给不同解决方案的团队，尤其是在带宽受限的远程连接环境中。所有人都认为这种需要是罕见的例外，而不是规则。如果技术人员小心地使用同一类型流订阅相位相干信号，就可以保持相位对齐。

所以，我们通过 Dante Domain Manager v1.1 添加了将 AES67 或 ST 2110 流路由到 Dante 设备之间的功能。要使流显示在 Dante Controller 中，只需将 SDP 从发射器重新定向到目标域中播放即可。然后，Dante Controller 将显示流，与 AES67 或 ST 2110 接合的 Dante 设备可以订阅该流。

Q: Audinate v4.2 固件可以支持 ST 2059、ST 2110-10 和 ST 2022-7 吗?

A: 可以。

ST 2059 和 ST 2110-10 为 PTPv2 以及设备如何将时间同步彼此关联创建了特定的方法。没有这些将无法启用。

ST 2022-7 解决弹性问题（冗余网络）。ST 2022-7 具有将冗余网络连接放置在同一子网络和广播域中的选项。Dante 没有在此环境中操作的选项，但 Audinate 确实允许禁用 Dante 功能以支持此选项。

在此方案中，Dante 设备将被放置在单独的 VLAN（或可能是单独的硬件中），然后桥接到具有此配置中唯一有额外 Dante 端口的网络。这应该让您了解到 Audinate 在兼容性方面所追求的更高层次。

参考文献

截止到 2019 年 11 月 21 日，所有互联网链接测试有效。

AES. (2018, 04 15). *AES67-2018 Specification*.

<http://www.aes.org/publications/standards/search.cfm?docID=96>

AIMS. (2019, 04 30). *AES67 / SMPTE ST 2110 Commonalities and Constraints*.

<https://aimsalliance.org/wp-content/uploads/2019/04/AES67-SMPTE-ST-2110-Commonalities-and-Constraints-Updated-April-2019.pdf>

Audinate. (2019, 08 28). *公司领导团队页面*

<https://www.audinate.com/company/leadership>

BBC. (2019, 10 06). *BBC Cardiff Central Square - Update*.

<https://youtu.be/3GwuGyOmzXM?t=1168>

Bouillot, N., . . . Zanghieri, U. (2009, 06 04). *Best Practices in Network Audio*.

<http://www.aes.org/technical/documents/AESTD1003V1.pdf>

EBU. (2018, 12). *EBU TECH 3371*.

<https://tech.ebu.ch/pyramid>

Harvey, S. (2014, 01 01). *The Future of TV Workflow: Dante Networking for "The Arsenio Hall Show"*.

<https://www.mixonline.com/sfp/future-tv-workflow-dante-networking-arsenio-hall-show-369327>

Hemming, R. (2018, 6 19). *Networked Audio Products*.

<http://www.rhconsulting.eu/blog/files/NetworkedAudio.html>

IEEE. (2008 07 24). *1588-2008 - IEEE Standard for a Precision Clock Synchronization Protocol for Network Measurement and Control Systems*.

<https://ieeexplore.ieee.org/document/4579760>

JT-NM. (2018, 09 01). *Joint Task Force on Networked Media (JT-NM) Roadmap*.

<http://jt-nm.org/roadmap/>

McAdams, D. (2015, 10 27). *SDI vs. IP: Fox's Thomas Edwards on VSF TR-03*.

<https://www.tvtechnology.com/news/sdi-vs-ip-foxs-thomas-edwards-on-vsfr03>

MNA. (2015a, 10 27). *MNA presents live AES67 demonstration*.

http://medianetworkingalliance.com/wp-content/uploads/2015/10/MNA_AES_2015_FINAL.pdf

MNA. (2015b, 10 28). *FAQ | Media Networking Alliance*.

<https://medianetworkingalliance.com/faq/>

SSL. (2019, 09 05). *From Audio Over IP - IP Technology for Broadcast Audio Routing Systems*.

<https://s3.us-west-2.amazonaws.com/sslweb.solidstatellogic.com/content/system-t/SSL%20AoIP%20Information.pdf>

Williams, A. (2015, 3 16). *Dante, AES67 & AVB - with Audinate CTO Aiden Williams*.

https://youtu.be/E_E5JEVGH9c?t=126

Yamaha. (2016, 11 15). *Introduction to AES67*.

https://youtu.be/AmdFXxQp_Ic?t=1923