

迎接数字音频网络的新时代

——谈 AoIP / AVB 技术在广播系统的应用

• • • • • • • • • • • • • •

1. 引言

在广播电视专业场合，实时数字音频的传输通常是通过 AES3 (AES/EBU) 或 AES10 (MADI) 来进行的，随着以太网 (Ethernet) 及 IP 技术的迅猛发展，人们一直期待着利用以太网及 IP 网来实现这一传输任务，因为以太网是目前应用最为广泛和性价比最高的数字互连网络，由于我们的数据信息、监控信息等采集和传输已经越来越离不开 IP 网络，所以如果实时音频的传输能够兼容现有的以太网络，系统架构将变得简单化，机房布线也将变得更加简洁，同时以太网的交换特性，也有利于改变传统数字音频只能依靠点对点传输的局限，从而实现数字音频传输的软交换和软路由。

CobraNet 的出现局部性地解决了这一难题，虽然也采用相同的电缆和交换设备，但由于其与 IP 协议的不兼容性导致我们必须为它单独建立一个封闭式的网络，同时它的传输容量、时延等也受到很大的限制。直到 AoIP 和 AVB 的出现，这个问题将得到彻底解决，人们对 IP 网络无损传输实时音频的疑虑也将随之消除，AES 在去年九月正式颁布了第一个利用现有 IP 网络传输高品质音频实时流的通用标准 AES67-2013，AoIP (Audio over IP) 技术成为专业音频的一部分；另一方面，AVB 标准也在紧锣密鼓地进行，这一标准由电气和电子工程师协会 (IEEE) 牵头，通过扩充已有的 IEEE 802 标准，将从根源上解决基于以太网的音视频传输瓶颈，真正实现实时音视频流向以太网的桥接、传送和交换。

一个全新的多媒体网络应用时代即将到来，它将深层次改变广播电视、专业音响、安防、汽车电子等领域，有人形容它的变革不亚于胶片相机向数码相机进化，传统的音视频设计理念正面临挑战，而简洁高效、功能更为强大的新型系统将不断出现，本文试图通过对 AoIP 及 AVB 技术的介绍和讨论，从发展角度，来展望它们对未来广播音频制作播出系统所带来的机遇和推动力，使我们有一个良好的心理准备和知识积累，来迎接这一时代的降临。

2. AoIP / AVB 技术分析

2.1 以太网/IP 网实时音频传输需要解决的几个问题

以太网（Ethernet）建立之初是用来连接计算机的，它遵循 IEEE802.3 标准，使用逻辑总线型拓扑结构和 CSMA/CD 载波侦听碰撞检测技术来进行信息交换，这一点证明以太网天生就不是为传送实时音视频来设计的。

位于更高层的 TCP/IP 协议，在局域网通常搭载以太网作为载体，但由于它的溯源是互联网协议，IP 包经过不同的路由时延时也不一样，导致到达终点的顺序和时延不确定；RTP（Realtime Transport Protocol 实时传输协议）在一定程度上解决了这一问题，提升了流的稳定性，但它却无法传输同步时钟，只能用于网络点播等非专业用途。

传递媒体时钟是以太网/IP 网实时音频传输需要解决的第一个问题，图 1 描述了这个过程：



图 1 以太网/IP 网传递媒体时钟示意图

音频数据经 A/D 转换后具备了自己的采样时钟（同样适用于 AES3 输入），即通常我们所说的 48K 采样时钟，这个 48K 来自发送端设备的内部晶体振荡器，数字化后的音频数据经缓存后被打包成数据包发送到接收端，经接收缓存，再通过 D/A 转换后恢复音频数据，但是，D/A 所使用的时钟却来自接收端设备的内部晶体振荡器，虽然同样标称为 48K，其实与发送端是不同步的两个时钟，两个不同步的时钟会导致缓存区间隙性的上溢或下溢，在音质上表现为“爆音”，为了减少“爆音”的出现，可采用缓冲区重采样即采样率转换的方法，缓存越大，音质越好，但缓存的增加传输时延也会跟着增大，而输出的音频数据已经不再是原来的数据，即无法实现无损传输，目前部分厂商的 IP 监听其实就是用的这种方案，但倘若用来作高品质的传输服务，比如代播，就显得力不从心了。

如果能通过网络将发送端时钟与接收端时钟加以同步，这个问题就引刃而解了，比如在网络中产生一个标准参考时钟（网络时钟），用于同步每个节点的

采样时钟（媒体时钟），整个网络就不存在数据溢出的问题了，IEEE1588 提供了这种可能，IEEE1588 的全称是“网络测量和控制系统的精密时钟同步协议标准”，主时钟通过周期性向网络交换包含时间戳的信息包，从时钟收到后，进行时钟偏移测量和延迟测量，利用偏移量来修正本地时钟，这个方案能利用现有的 IP 网络不作任何修改，只是音频端设备的硬件要支持从 IEEE1588 转换成内部时钟；在 AVB 系统中，使用了另一套精准时间同步协议（PTP）—— IEEE 802.1AS，作为 IEEE 1588 协议的一个简化版本，IEEE 802.1AS 与 1588 的最大区别在于 PTP 是一个完全基于二层网络，非 IP 路由的协议，在最大 7 跳的网络环境中，理论上 PTP 能够保证时钟同步误差在 $1\mu\text{s}$ 以内。

完成以太网/IP 网无损实时音频传输的第二个条件是带宽预留，或者是网络服务质量（QoS）。

设想在一条马路上有很多的车和行人，对应于网络中为不同服务的数据包，马路上经常有拥塞的情况发生，网络中也不例外，这是我们怀疑音频是否真的能与其它数据共同运输而不会被拥挤所耽误的理由，解决方案是通过对数据包划分不同优先级，提供不同服务质量来实现的，就好比在马路上划分不同的专属车道，对于紧急用车优先放行一样。利用 DSCP（Differentiated Services Code Point）的 QoS 分类标准，将每个基准时钟的数据报头设定为最高优先级；之后就是音频数据，属于第二高优先级；控制信号和其它信号在更低的优先级。其结果是保证音频流信号的畅通和较低的抖动。对于今天已广泛使用的千兆以太网，大部分情况下带宽处于较空闲状态，加上 QoS 管控，实时音频传输已不成问题。



图 2 网络 QoS 示意图

AVB 中还将使用 IEEE 802.1Qat 流预留协议和 IEEE 802.1Qav 队列及转发协议来对时间敏感的音视频信号进行资源预留，并确保传统的异步以太网数据流量不会干扰到 AVB 的实时音视频流。

以上两个问题得以解决，剩下的问题还有传输层、编码层、控制层等，下文将结合具体方案和协议作些介绍。

2.2 AoIP 技术及 AES67-2013 标准

所谓 AoIP (Audio over IP), 是指利用 IP 网络传输高保真的音频, 这里的音频是指至少 44.1K 采样、量化 16 位以上的高于等于 CD 音质的音频, 区别于常说的 VoIP (Voice over IP), 那是用来作语音通信、传输的是电话音质的低码流信号。

AoIP 的第二个特征是利用现有的 IP 网络, 且延时小于 10 毫秒, 早在十年前, Axia Audio (Telos 的网络音频分支) 引进了 Livewire™, 用于未压缩的数字音频录音, 此后出现的还有 Dante、RAVENNA、Q-LAN、WheatNetIP 等, 这些来自不同厂家的 AoIP 技术, 其共同点是 (1) 几乎都采用了 IEEE1588 作为媒体时钟的同步源 (2) 尽量使用现有的 IP 协议, 如传输层使用 UDP/RTP, QoS 使用 DiffServ 等, 表 1 摘自 2011 年 AES 的技术发展趋势报告:

表 1 当前主要的 AoIP 技术

技术	开发公司	推出时间	同步方案	传输协议
LiveWire	Telos/Axia	2004	专用协议 (初期) IEEE1588 (开发中)	RTP
Dante	Audinate	2006	IEEE1588-2002	UDP
Q-LAN	QSC Audio Products	2009	IEEE1588-2002	UDP
RAVENNA	ALC NetworX	开发中	IEEE1588-2002	RTP

AES 代号为 SC-02-12-H 的标准化工作组, 在 2010 年 12 月启动了一个叫 X192 的项目, 其目的不是要发明新的科技, 而是在现有技术的基础上定义一个可互通的方案, 以实现不同厂商 AoIP 设备之间互联互通, 2013 年 9 月标准正式颁布, 取名为 AES67-2013。

AES67-2013 的全称是 “AES standard for audio applications of networks - High-performance streaming audio-over-IP interoperability”, 翻译成中文是 “可互通的高保真 AoIP 音频流应用标准”, 标准分为 10 个部分, 分别就媒体时钟的同步、编码、传输、发现与连接管理等作了规范, 另外, 标准还对与 AVB 的兼容性作了阐述。

截止目前为止, ALC NetworX 已经宣布旗下的 RAVENNA 支持 AES67, 而

Audinate 将在 2014 年下半年以固件升级的方案将已有产品升级到 AES67。

2.3 AVB 技术介绍

AVB 的全称是以太网音视频桥 (Ethernet Audio/Video Bridging)，是一项新的 IEEE 802 标准，最初源于一个 802.3 的研究小组，于 2005 年 11 月转而成立 IEEE 802.1AVB 工作组，开始着手研究制定一系列的协议，以增强现有 802 网络功能，使得基于以太网的实时音视频传输技术从计划逐步走向试验阶段，并最终走向市场。

与 AoIP 技术不同，AVB 需要改进之前的二层通信协议，以解决传输音视频类数据流的“先天不足”，大幅提高传输控制能力，除了满足音频传输外，支持多达 256 种不同格式的音视频数据流(包括采样频率)在同一个网络中共存传输，而互不干扰，并将传输延时压缩到微秒级。

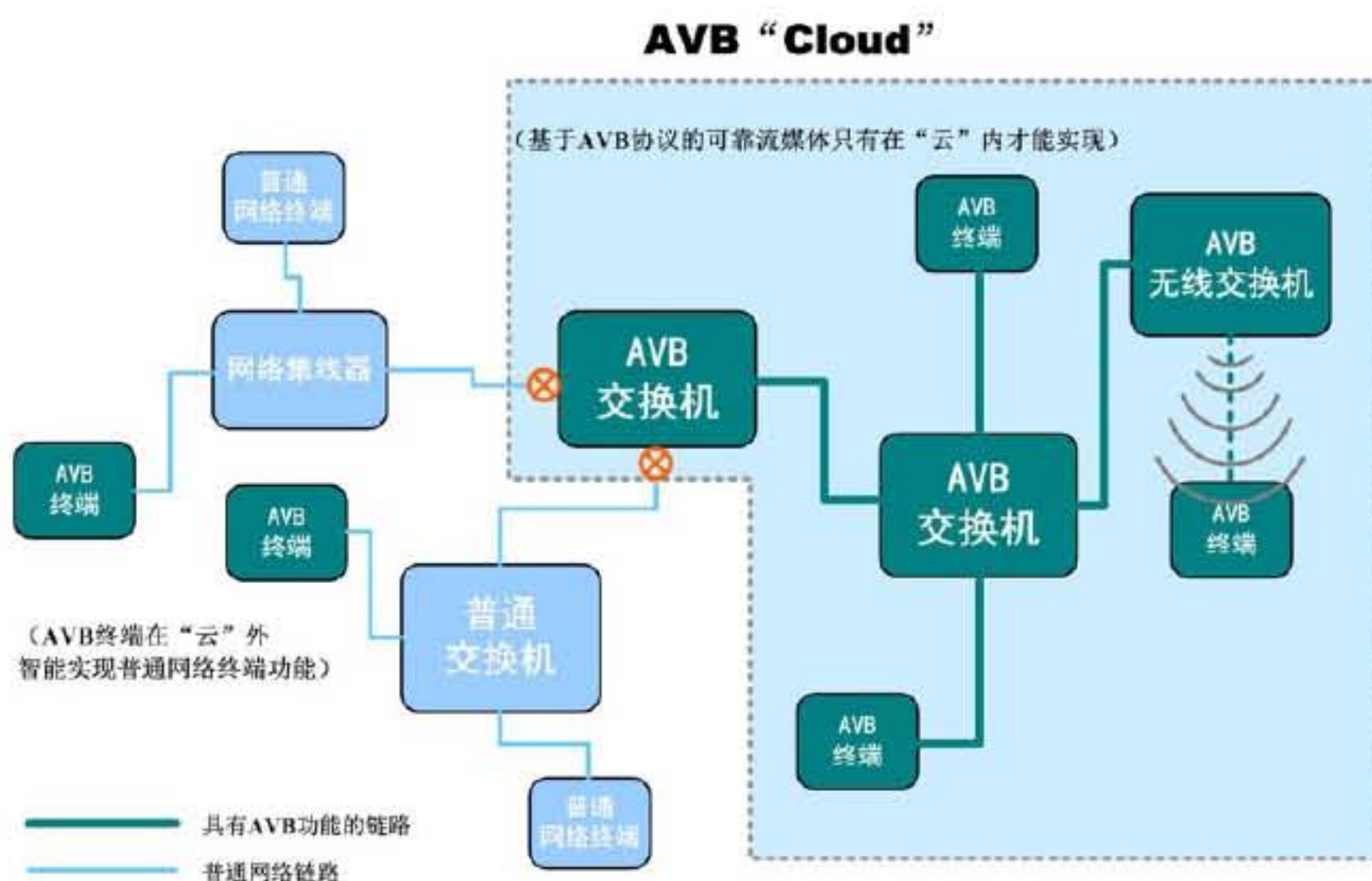


图 3 AVB 云示意图

为了在以太网上提供同步化低延迟的实时流媒体服务，需要建立 AVB 网络，称之为 AVB“云”，如图 2 所示，AVB“云”的建立需要至少速度在 100Mbps 以上的全双工以太链路，并配备 AVB 交换机和 AVB 终端设备，以及逻辑链路发现协议 (IEEE 802.1AB - LLDP)，用于设备之间交换支持 AVB 的协议信息。

在 AVB “云” 内，由于延迟和服务质量得到保障，能够高质量地提供实时的流媒体服务。同时，AVB 网络保持与传统以太网的兼容，也能够连接到传统的交换机、集线器和终端设备。但由于集线器的半双工特性，以及传统以太网交换机不具有 AVB 功能，无法完全保障其流媒体服务的实时性，因此在 AVB “云” 外，只保障普通的最大交付功能并与 AVB 网络相连。



图 4 AVB 协议集在 OSI 模型中的层次

图 4 反映了 AVB 标准体系的内部结构，可以看出，AVB 跨越了数据链路层和网络层等多个层级，涉及 TCP/IP 协议组的大部分层次，但其结构还是基本保持并兼容现有以太网体系，只是对其部分功能进行扩展，增加和修订的协议包括：

- (1) 精准时间同步协议-- IEEE 802.1AS
- (2) 流预留协议-- IEEE 802.1Qat
- (3) 队列及转发协议 -- IEEE 802.1Qav
- (4) 音视频桥接系统-- IEEE 802.1BA

此外，还有另外两个使用 IEEE 802.1 AVB 来提供高质量专业音视频的传输：

- (1) 音视频桥接传输协议（二层） -- IEEE 1722
- (2) 实时传输协议（三层） -- IEEE 1733

AVB 标准体系的制订目前已到了收尾阶段了，其中大部分标准已经正式颁布；2009 年 8 月 31 日 - 一个特设的行业组织——AVnu Alliance 联盟正式成立，来自两组的力量在推动着以太网 AVB 的发展，一组是以哈曼和 BMW 为代表的

系统产品厂商，另一组是以博通、迈威和赛灵思为代表的芯片厂商，随着 AVB 商用化的展开，无论是专业还是民用，AV 行业正在跨入一个全新的数字网络时代。

2.4 关于 Dante

上文我们介绍了 AoIP 和 AVB，应该说两者是不矛盾的，作为一个音频特例，未来的 AoIP 应该包容在 AVB 中，而 AVB 设备及其机制又给 AoIP 提供更大的容量以及更好的稳定性。

这里涉及一个路线图问题，其实当前的 AoIP 技术是一个已经成熟且经过大量时间和实例检验的技术，从表 1 可以看出，主流厂商的产品已经有超过 5 年的推广期，且有大量的可选择产品，目前只涉及一个协议统一的问题，AoIP 与 AVB 一个不同之处在于 AoIP 能运行在现有局域网络而不用作任何修改，而 AVB 必须另外采购 AVB 交换机重建网络，且目前 AVB 技术还处于发展期。如果我们选择一种技术，先实现 AoIP，且符合 AES67-2013 标准，未来能平滑过渡到 AVB 系统，将是一个很好的方案。

这里向大家推荐 Dante，Dante 来自澳大利亚 Audinate 公司，是目前最成熟、市场占有率最高的产品，有超过 100 家音频公司选择 Dante 作为网络音频传输标准，其中包括 Harman、NTP、YAMAHA、DHD、Soundcraft 等一流专业音频设备公司，拥有包括 2012 伦敦奥运会在内的大量成功应用；与 RAVENNA 不同的是，Dante 不只是写在文档里的协议规范，它拥有标准的软硬件解决方案及完整的设备管理和路由管理机制，不同厂商的 Dante 设备具有良好的兼容和互联特性，可以在同一平台被网管，另外，Dante 是 AVnu 的主要发起人，以白皮书的形式承诺通过固件和软件升级，将无缝支持 AVB 标准（目前其硬件设备已具备 AVB 条件）。

Dante 的主要特点还包括：

- (1) 更多的通道和更低的时延，千兆网实测通道数（48K/24bit）超过 400 个，单跳时延最短 83.3 微秒
- (2) 使用 Zeroconf 协议自动查找和配置设备，省去用户手动 IP 设置过程
- (3) 支持单播和组播，能有效优化网路流量
- (4) 同时提供主备两条冗余通道
- (5) 提供 PC 和 MAC 端虚拟声卡，直接由本地网卡传输实时音频流
- (6) 所有配置均保存在本地，上电后信号路由可直接开通

3. AoIP / AVB 与 CobraNet 的比较及优势

3.1 CobraNet 简介

九十年代末期，美国 PeakAudio 公司推出了名叫眼镜蛇网络的以太网音频传输方案——CobraNet，该公司后被芯片生产商 CIRRUS LOGIC 收购，并以提供配套板卡和专用芯片的方法将 CobraNet 迅速推广。

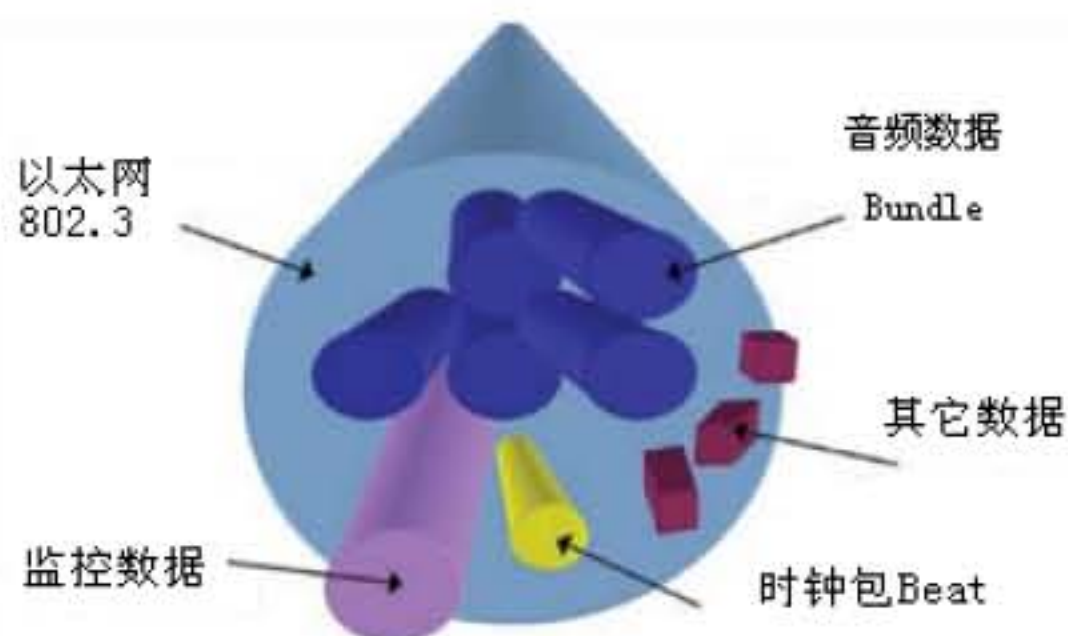


图 5 CobraNet 内部通信示意图

CobraNet 以网络中某一设备（Conductor）不断发送节拍包（Beat Packet）的方式获得网络采样时钟的同步，虽然 CobraNet 也是一个同步网络，但它并没有使用 IEEE1588 或 IEEE802.1AS 这样的标准协议；CobraNet 的音频传送是通过 Bundle 来实现的，Bundle 是 CobraNet 特有的封装形式，每个 Bundle 包含 8 个通道的 20 位音频数据，每个 CobraNet 设备最多收发 8 个 Bundle，并支持多-单播 Bundle。

受 CIRRUS LOGIC 提供的 CM-2 解决方案的限制，单一 CobraNet 设备支持转换通道数最大为 16 进和 16 出，在 100M 以太网下单向可以传输 64 个 48kHz、20bit 的音频信号通道，CobraNet 编解码延时是固定的，有 1.33ms、2.66ms 和 5.33ms 三种供选择，出于稳定性的考虑，厂方推荐使用 5.33ms；除音频信号外，CobraNet 还可以传输 RS485 串口通信数据及其它非同步 IP 数据，设备管理支持 SNMP。

专业音频领域同时代的网络音频传输方案还有法国 Digigram 公司的 EtherSound，由于 EtherSound 对市场影响不大，且 Digigram 公司目前已改推 AoIP 方案，这里就不作介绍了。

3.2 CobraNet 的缺陷及 AoIP/AVB 的优势

从发展历史来看，CobraNet 对以太网音频作出了很大的贡献，甚至直到现在 CobraNet 还是一个比较成熟的工程方案，但随着 AoIP 及 AVB 技术的出现，它的缺陷也逐渐浮出水面，许多优势也正在丧失。

(1) AoIP/AVB 比 CobraNet 具备更大的标准优势

CobraNet 虽然建立在标准的以太网基础上，但它的同步机制、传输机制都是独有的，是一个不公开的企业标准，不管是节拍包还是数据 Bundle 包，都直接封装成二层的 MAC 帧，与 IP 无关，更没有使用 UDP、RTP 等传输协议，所以不能算成 AoIP，虽然每一个 CobraNet 设备在开机时都会动态的得到一个 IP 地址，但这个 IP 地址不是为 CobraNet 本身服务的，只是为其它非同步信息的高层管理软件所使用。

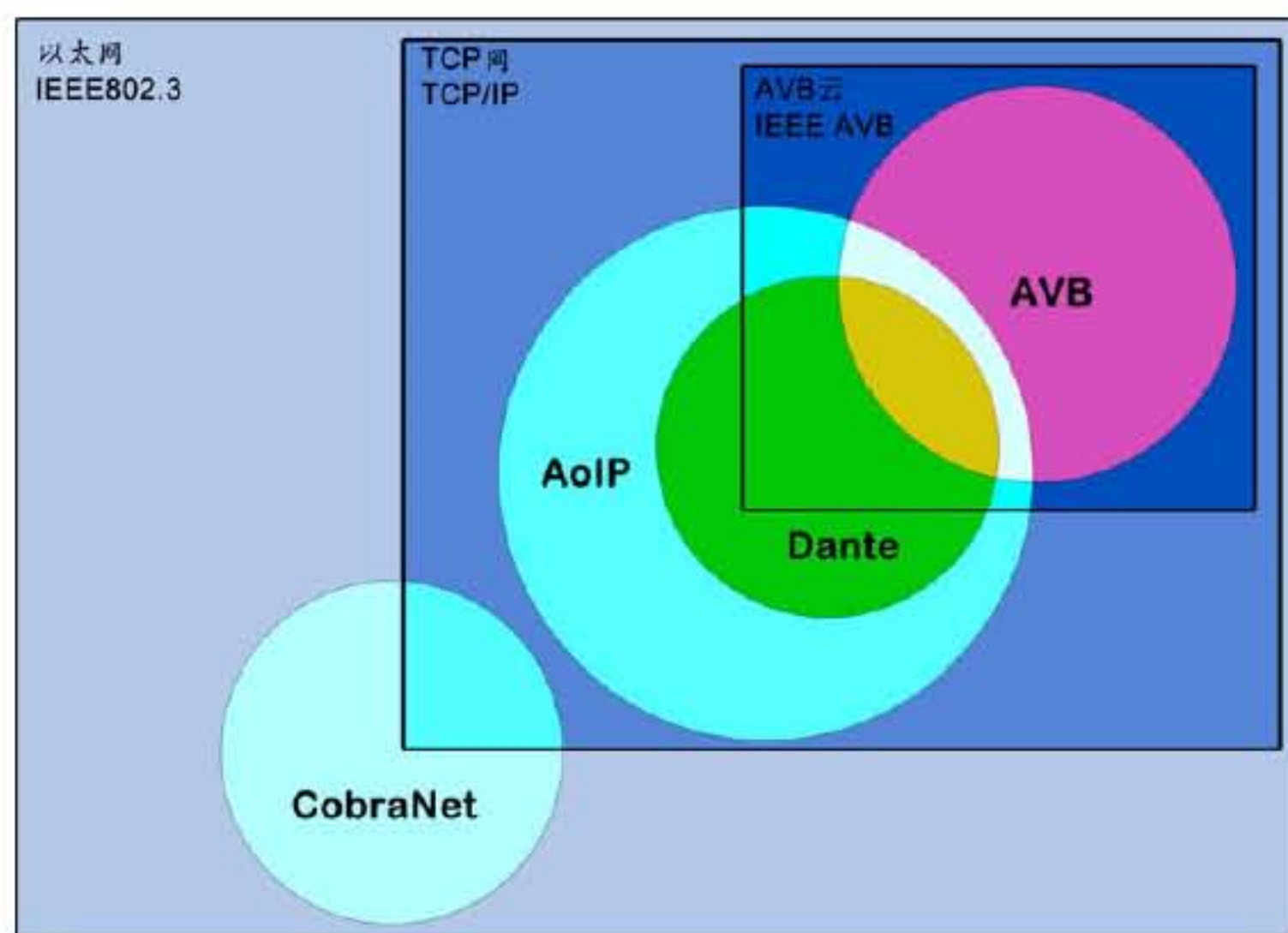


图 6 主要网络音频协议及其网络平台相互关系图

图 6 给出了主要网络音频协议及其网络平台的相互关系，可以看出 CobraNet 只是一个位于以太网二层的特殊应用，与 AoIP 及 AVB 没有交集，也就是说它不可能支持 AES67-2013 及 AVB 各项协议，所以 CobraNet 不是未来音频实时传输技术的发展方向，随着新技术的产生和成熟将慢慢淡出历史舞台。

(2) AoIP/AVB 比 CobraNet 具备更大的兼容性和灵活性

CobraNet 无法使用 3 层的 QoS 来调配自己的带宽和优先级，带宽问题和第

三方 IP 数据的冲突不可避免，所以当需要与其它基于 IP 业务共存时，CobraNET 将变得不稳定，唯一有效的办法是单独为 CobraNet 建一个网，然后完整地交给 CobraNet 去管理，在实际工程中通常都是这么做的，当然 CobraNet 能通过 SNMP 或串口桥来传递一些控制信号，但是性能是很低的，对大部分情况，只能再建一个新的 IP 网，用于其它数据的交换，如果各自考虑冗余备份，则需要同时开通 4 个网络，这显然是非常不经济的，图 7 可以说明这一点。

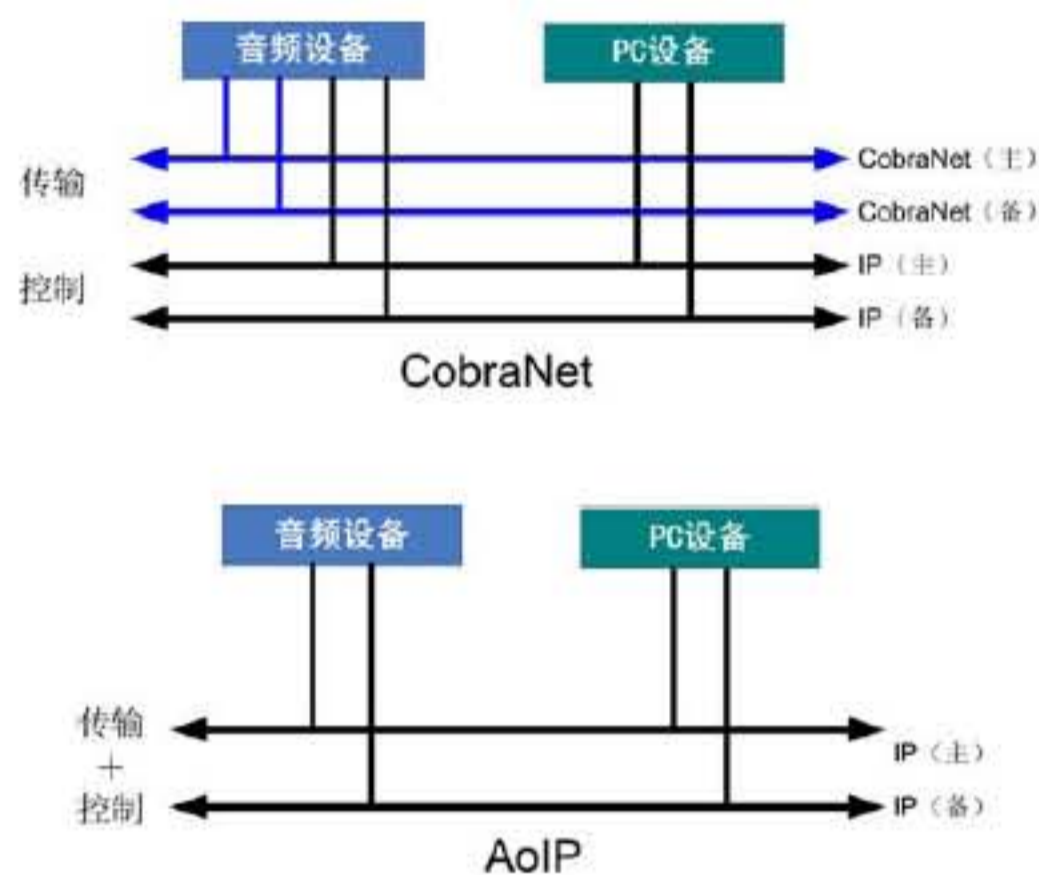


图 7 CobraNet 与 AoIP 模式下网络的不同结构

除此之外，不同厂商间的 CobraNET 设备互连也不方便，需要专业人员对 VLAN 及 Bundle 号进行深度配置，表现出较差的兼容性。表 2 列出了 AoIP 与 CobraNet 的主要特性比较：

表 2 AoIP 与 CobraNet 比较表

比较项目	CobraNet	AoIP (以 Dante 为例)
完全支持以太网	是	是
完全支持 TCP/IP	否	是
支持 AES67-2013	否	是
采样率	48K/ 96K	44.1K / 48K / 88.2K / 96K/192K
量化深度	16/20/24bit (推荐 20bit)	16/24/32bit (推荐 24bit)
百兆传输通道数	64 个 (20bit) 56 个 (24bit)	56 个 (24bit)
百兆实际延迟	5.33mS	150uS

单播与多播	有限支持	完全支持
服务质量保证	不支持 QoS 只能通过 VLAN	完全支持 3 层 QoS
配置方法	手动配置	Zerocof 自动配置
自动优化音频延时	不支持	支持
同网不同采样率	不支持	支持
主备网络冗余接口	支持	支持
音频接口数量(ch)	2×2 / 8×8 / 16×16	8×8 / 64×64 / 128×128
AVB 升级	不支持	支持

4. AoIP / AVB 技术在广播制播系统的应用前景

4.1 传输载体同质化带来的变革

一直以来，广播中心分别使用不同种类的电缆来连接音频设备和网络设备，音频专用电缆有平衡话筒线、数字音频线等，电脑网络则使用 5 类、6 类线，甚至一些电台还分成音频传输部和计算机网络部来分别管理这些布线和系统。

由于 AoIP/AVB 直接使用以太网/IP 网来传输实时音频信号，同时也不必象 CobraNet 那样设置独立专网，所以音频网和计算机网可以实现一定程度的融合，其带来的好处是：布线变得更为简洁，系统变得更为灵活，管理变得更为方便。

目前主流数字调音台几乎都具备了 AoIP 接口，接口规模从 8×8 通道到 64×64 通道不等，一方面可以把调音台不同的输出母线捆绑送往总控进行处理和监测，或作为主输出的备份，另一方面还可以通过网络将转播信号群由总控以组播方式直接广播到直播调音台供选择使用；所有这些用 1 主 1 备两根电缆就能搞定，除了音频信号外，设备运行状态、机房温湿度状态、视频监控流及各工作站网络数据等，也都可以一起包含在这对电缆中传输。

虚拟声卡是 AoIP 技术的一大发明，在音频工作站安装虚拟声卡后，工作站可以直接录制来自 AoIP 的音频实时流，也可以将音频文件播放成实时流后送往网络，省去了 AoIP—AES3/模拟—声卡—工作站的中间环节，减少了音频损耗，也节省了专业声卡的费用，虚拟声卡支持 WDM 和 ASIO 驱动，能兼容运行所有立体声和多轨制播软件；这项技术的典型应用是直接用来作为网络慢录工作站或网络代播工作站。

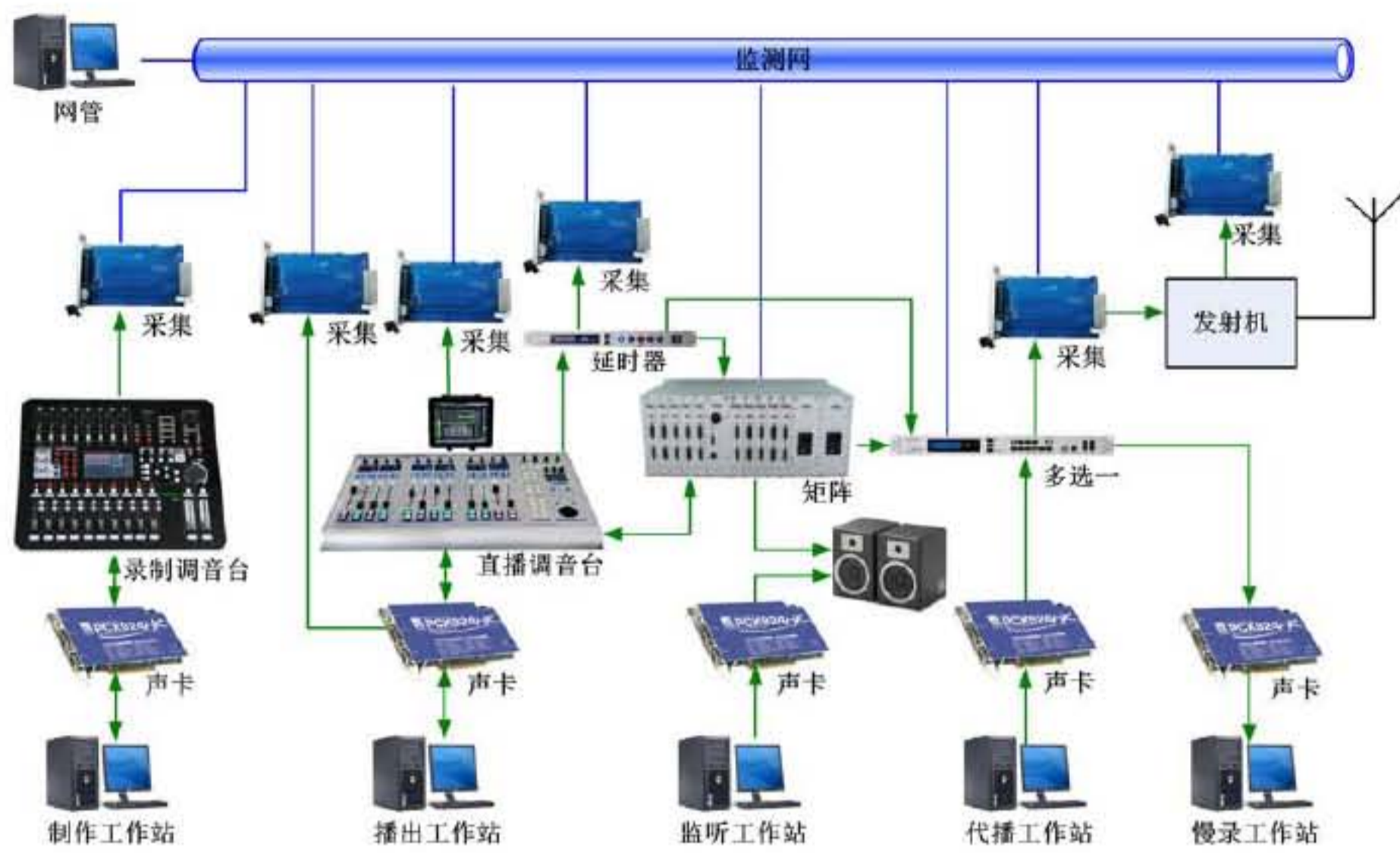


图 8 传统意义的传输和监测系统

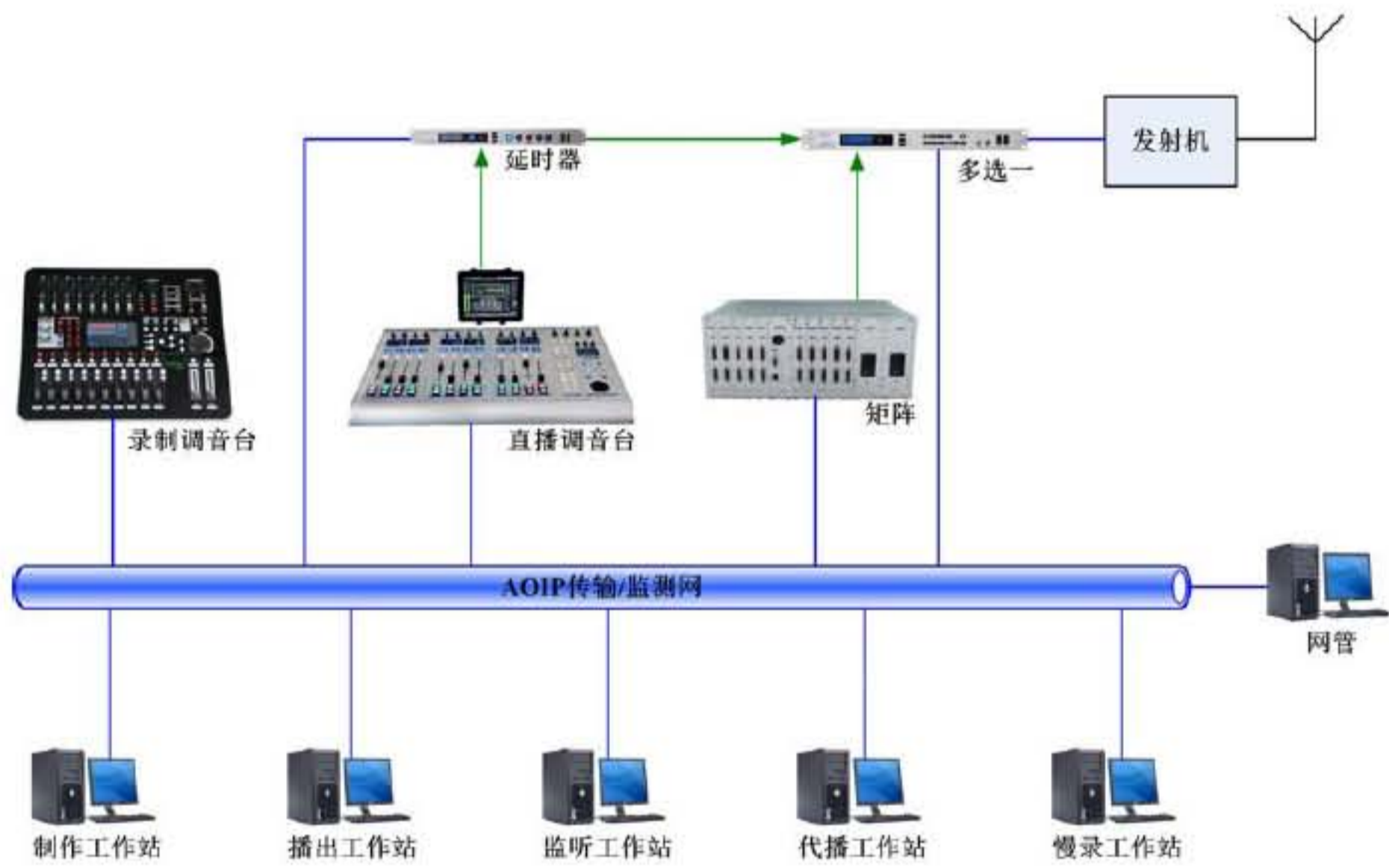


图 9 新一代的 AoIP 传输和监测系统

有人担心 AoIP 网络与计算机网络合在一起是否会发生相互干扰或因拥塞而阻断数据，其实这个担心是多余的：一方面，我们现在建设的网络都已经是千兆以上的网络，所有这些服务加在一起，相对负载其实并不算高；另一方面，我们有 QoS 机制来保障时间敏感性数据流的优先通行，另外还有主备网络的冗余来消除设备层面及路由层面带来的隐患；当然，对播出链路信号，我们也还可以用

传统的 AES3 或模拟链路做异构备份处理。

4.2 组建新一代的监测调度管理体系

深度 IP 化的设备有着易被管理的特性，透过局域网，整个系统的设备有可能被统一的网管平台所识别和调度。在以往系统中，大量传统设备因不具备可用的管理接口而置身于智能系统之外，有的即便安装了类似 SNMP 这样的网络管理协议和接口，能获取的信息仍非常有限，大量的音频数据流一开始就被简化成电平表再用于事故分析，原因就是无法直接将音频数据完整地送去运算分析，因此也必然存在着伪监测的风险。

基于内容的监测是新一代总控管理系统的核心特征，对同一链路的主备信号进行内容级的比对分析，通过相关算法获取其内容相关性、延时量、以及噪声、频响、削波等真实信息，相比以前只对电平表进行分析，是一个质的飞跃；而要做到这一点，前提是将不同节点的音频信号汇聚到一起，才能进行深度分析，而这一点只能依靠 AoIP/AVB 网络才能实现。

网络矩阵和网络路由是网络音频传输的产物，通过控制协议能方便地改变音频流在 AoIP 网络中的流向，同时利用组播功能能轻松地在传输节点复制所到达的音频流，从而实现网络音频的分配和切换，这些功能类似于传统意义上的矩阵，所以我们称它为网络矩阵，所不同的是网络矩阵是弥散在整个网络中的无中心设备群，不会因为个别节点的故障导致灾难性的全线中断，随着控制机制的完善，其安全性远大于必须将信号汇于同一机柜的传统矩阵，而在现阶段，我们经常通过设计成传统矩阵和网络矩阵互为备份来强化大系统的安全性。

AoIP/AVB 技术有利于建立更加完善和强大的总控监测管理体系，主要表现在以下几个方面：

- (1) 设备管理：能对所有入网设备进行发现、配置和远程管理
- (2) 路由管理：对传统路由和网络路由进行统一的分析调度，获取系统链路实时状况，完成备份管理以及定时切换和应急切换
- (3) 监测管理：基于内容的故障监测和报警管理，并完成日志记录
- (4) 监听管理：能实现全网全节点的无损监听，真实反映原始质量
- (5) 对讲管理：利用网络音频传输技术实现远程对讲
- (6) 慢录和代播：通过虚拟声卡对任意指定节点进行慢录，同时能将代播信号通过网络送往故障点

4.3 实现真正意义的数字音频云平台

我们正在迎来一个海量数据时代，也称为“云”的时代，IT 技术的发展使核心网络、计算及存储的性能变得越来越强大；我们以 48K 采样 24 位量化的数字音频为例，它的原始码率为 1.152Mbps/ch，即使考虑传输开销，在百兆网络环境下，能容纳的传输通道将达到 56 个，在千兆网会突破 512 个，如果是 10G 网络、100G 网络，数量将超越我们传统的想象；在广播中心，媒资库、音频工作站、数字调音台、各类信号源和播发平台都通过相同的网络联成一体，越来越多的资源可以共享，越来越多的单元可以随时组合和拆分，形成一个无所不包、无处不在的“音频云”。

对接入终端而言，调音台、工作站已经没有绝对意义的功能区别，调音台因为具备了 AoIP/AVB 功能，它的输入通道和输出母线已经可以不必是物理意义的输入和输出，比如说通过推子可以启动一个服务器上的文件播放，然后封装成 AoIP 流形式，再通过网络到达调音台参与混音处理，而母线输出也可以直接由 AoIP 流变成服务器的文件；对音频工作站则可以不安装声卡，混音声轨既可以是来自 AoIP 设备的实时轨，也可以是来自硬盘的虚拟轨。

在音频云平台中，不管信号源在哪，不管信号目的地在哪，也不管音频处理单元在哪，都能通过网络平台随时拉上关系、互相连通，相互替代，这对整合系统资源、增强冗余备份、减少系统复杂度，都将具有非常重大的革命性意义。

5. 结束语

如果用一句话来总结全文的话，我愿用“昨天、今天、明天”来概括，那就是“昨天—CobraNet，今天—AoIP，明天—AVB”。网络化将带给音频界巨大的潜力和便利，使它融入当代巨大的 IT 信息浪潮中；无论哪种技术，都深深烙着时代的印迹，它的存在和优势都是相对的，不能简单地判断是好是坏，孰优孰劣；AoIP 及 AVB 的发展也一样，它们与网络的传输和交换技术息息相关，与最先进的 MCU 和 DSP 的处理能力直接挂钩，而一旦历史为其打开大门，它的优势将无法阻挡，面对传统化的改造也将最为深刻和彻底；我们相信：“模拟-数字-网络”是 AV 发展的必由之路，而“更高的性能和更简单的方案”将是这条道路带给我们的巨大回报。