



深度解析宽带无线多通道音频系统 (WMAS) 和窄带无线设备的频率协调

作者: *Andreas Wilzeck* 博士



Andreas Wilzeck 博士是 *Sennheiser electronic GmbH & Co. KG* 频谱政策和标准部门主管。他拥有德国汉诺威大学电气工程与计算机科学系无线通信技术博士学位。十多年来, *Wilzeck* 长期活跃在无线解决方案的标准化和监管领域, 并且在 *ETSI*、*3GPP*、*CEPT* 和 *ITU-R* 等委员会任职。

简介

无线麦克风和无线耳返监听系统所使用的无线电频谱通常是一种共享资源。这些专业音频应用与其他各种无线电服务和使用者(如广播、射电天文学和军队)共享相同的频谱。专业无线麦克风和监听系统可用的 *TV-UHF* 频谱在不同地区会有很大差异, 具体取决于当地的广播服务和其他应用。虽然频谱划分是由国家监管机构定义和监管的, 但要对活动或场地使用的无线电频率进行协调, 则须符合现场所有无线设备使用方的共同利益, 确保他们各自在操作设备和工具时, 不会受到干扰。

通常, 活动组织方或场地(如剧院)经营者会将频率协调的任务分配给一名专家(有时会有团队支持)。这位专家通常被称为“频率协调员”或射频经理, 负责这个活动或场地与频率有关的所有问题。他们的职责是沟通、监督和管理所有与频率相关的事项, 收集所有使用方的请求, 规划并计算要使用的频率、为使用方分配频率资源、监控干扰水平、管理所有干扰情况, 并在活动前和活动中对所有频率的使用进行故障排除和监管。

频率协调员需要与负责所有声音相关问题的音响工程师紧密合作。音响工程师负责设备搭建、声音测试和主扩声系统工作, 如果是音乐会、企业活动、剧院演出、体育赛事等场合, 还需负责监听现场混音。

值得注意的是, 现在的活动规模越来越大、复杂程度越来越高, 但由于监管决策方面的原因, 无线麦克风和耳返监听可用的无线电频谱资源却一直在减少。如今, 频率协调员必须处理更庞大的需求, 但可用资源却变得更少, 而且可能出现更多来自邻近频段的干扰。例如, 就空间距离和频率分离而言, 邻近频谱范围内蜂窝移动无线电的使用, 可能与协调后的无线麦克风和耳返监听系统链路相当接近。

与露天节日庆祝活动相比, 室内活动的频率规划(例如剧院、广播设施或音乐俱乐部)则更容易处理, 因为建筑物本身会提供一些保护和衰减, 并且射频环境比室外更可控。例如, 在协调广播演播室的频率时, 更重要的是为不同的演播室以及现场涉及的无线应用进行稳定的频率规划。另一方面, 一场短暂的户外庆典或活动必须为许多不同的使用方分配频率, 他们为了同一个活动聚集在一起, 但各自有着不同的频率需求。

在这两种情况下, 频率协调员都必须处理那些对节目制作很重要, 但对其它设备引起频率干扰的设备, 例如视频信号转换器或视频/光信号分配(功分器和组合器)。

我们最初面对的问题 - 不断减少的无线电频谱资源给大型活动和设施搭建造成了麻烦

在欧盟, 根据“数字红利”I和II, 1 GHz以下潜在可用的*TV-UHF*频段资源从392 MHz 缩减到233 MHz(包括800 MHz双工间隙)。对于专业无线音频设备, 可用资源仅剩 59.4%。实际上, 这个百分比要更低, 因为所有在700-800 MHz 范围内运行的广播电台也都移到了470-694 MHz, 因此, 现在的拥挤程度要



高得多。可用的TV-UHF频谱因地区而异，差别很大，尤其是在靠近国境线时——在那里，只有极少数的TV通道是空闲的。此外，基于2023年世界无线电大会 (WRC-23) 之后的国家监管决定，TV-UHF频段的稀缺资源将有可能进一步缩减。

在美国，只剩下470到608 MHz之间的频率范围，所以只有138 MHz。因此，一些主要城市已经没有空余的TV通道供专业无线音频设备使用了。FCC会为大型和特大型活动的组织者提供特别临时授权，以允许其在蜂窝移动通信尚未使用的“过去的频段”中操作他们的设备。

而数字无线麦克风的引入，在一定程度上，缓解了现状。因为它可以简化频率规划，并可通过无线链路的等距分布实现更密集的频率部署。不过，目前仍然缺少一种真正的解决方案，来应对日益增长的需求以及愈发复杂的活动和节目制作。

总体而言，特别是对于大型和特大型活动来说，不断增长的无线电频谱需求，对进一步提高效率、增加合适的频率范围、加强协调工作提出了更高的要求。

WMAS - 打破射频领域的传统规则，满足大型及特大型活动和设施搭建的专业无线音频应用需求

随着无线多通道音频系统 (WMAS) 的实施，森海塞尔正在重新思考现场活动、剧院、广电演播室中的无线音频传输，基本上这些都是会用到很多音频通道的地方。WMAS本质上是一种双向无线宽带技术，它将麦克风、耳返和远程控制装备组合在一个宽带射频通道中。凭借科技技术及不断提升和工作流程的改进，这将显著提高频谱使用效率。

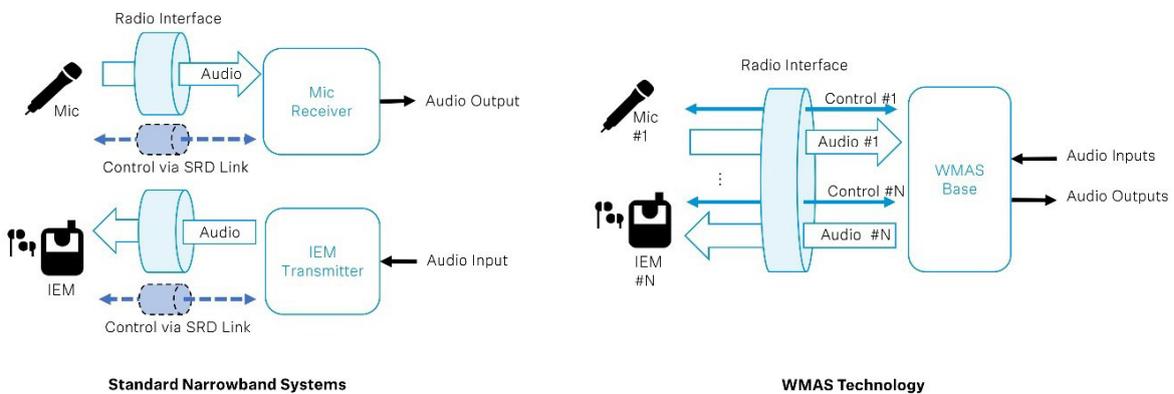


图1窄带系统中 (左) 和采用 WMAS 技术 (右) 的信号和控制流

森海塞尔的 WMAS 无线电实施基于正交频分调制 (OFDM)、时分双工 (TDD) 和时分多址 (TDMA)。

所采用的数字传输技术是 OFDM 与通道编码相结合，允许利用无线射频通道的频率分集。无论在室内还是室外，更多分集能够使传输更加可靠。

TDD有特定的接收周期和发送周期，所以支持双向传输。两个周期的持续时间都可以进行调整，这意味着您可以拥有所有麦克风、所有耳返监听或将它们任意组合。

TDMA 能够将这些发送时段和接收时段划分为专用时隙。一台WMAS 设备可分配到一个或多个时隙。可以说，与窄带传输链路的专用频率相比，专用时隙是 WMAS 的基本资源。每个 WMAS 设备可其专用时隙中发声（发射信号），在其他时隙则呈静音状态。每个设备都知道将在何时进行收听（接收）。不会有多个设备同时发出声音，因此每台设备都能独享全部的射频通道带宽，尽管时间不长。

从频率协调的角度来看，WMAS 系统将使用与当今窄带系统相同的频率。然而，目前被分隔在两个相隔



数兆赫兹的射频范围的耳返监听和麦克风，如今可以在同一个 TV 通道中共同运行，并可集成到一个腰包中。而这些，只需要一根天线就可以完成。

与今天普遍使用两根天线的空间分集不同，WMAS可使用单根天线，在6 MHz TV通道中提供 30 倍分集信号，或者在8 MHz TV通道中提供40倍分集信号。分集接收信号带来的好处可用于所有接收设备，因此，组合的、双向腰包式设备（包括低延迟、真正的数字耳返监听）也可从中受益。

WMAS 在 TV-UHF 频段和 1350 -1525 MHz 频段有不同的运行版本。您可以使用多根天线，但是背后的原因与以往不同，而是基于冗余、覆盖范围的扩展和服务额外的频段。

这个系统运行的总发射功率最高为50 mW——基本是目前一个单通道窄带麦克风的功率——分布在6 MHz或8 MHz宽的射频通道上。在系统的容量限制范围内，将不再按使用设备的数量对总发射功率进行任何比例调整。

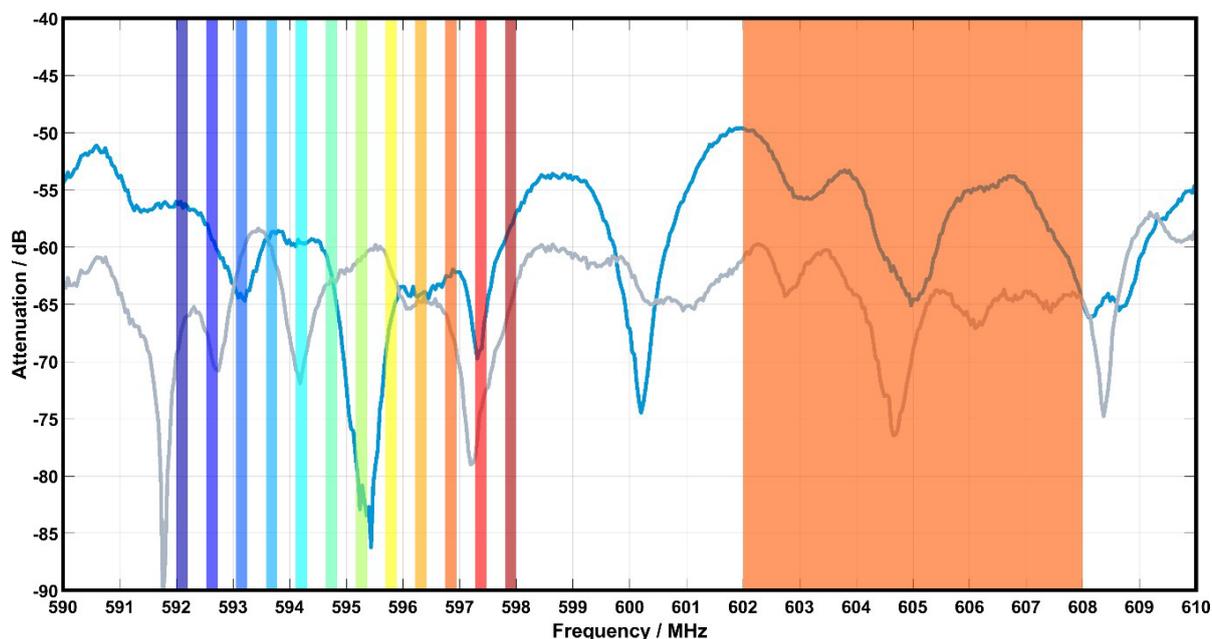


图2 传输链路是窄带传输的基本资源（左），
WMAS为每个WMAS设备使用专用时隙
（右：一个设备独自使用全部的射频带宽）

除了在TV-UHF频道中选择一个单独的射频通道外，不需要进行广泛的频率规划。在这些6 MHz或8 MHz的射频通道内，使用者可以部署 16、32 甚至更多个任意方向的音频通道。频率协调员将能够为音响工程师分配一个具有中心频率的6 MHz或8 MHz区块，用于部署WMAS。协调员还将可以确定放置系统天线（或用于范围扩展的天线）的最佳位置。

在WMAS中，音响工程师将能够灵活地选择发送或接收设备的每一次音频传输的音频质量、延迟、范围和资源占用。音响工程师可以随时根据需求，安排和更改分配给这些设备的音频资源。一个基站可在一个19英寸/1U机架单元中处理64个音频通道（32路输入和32路输出接口）。

WMAS将提供数字质量的声音，并使频率协调变得更加简单。

窄带技术和WMAS的共存 - 有关WMAS技术的更多详细信息

窄带系统和宽带WMAS将在现场共存，WMAS将采用与当今窄带系统相同的运行频率。在无线技术中，



“共存”是指不同的设备、技术和用途在同一个频率范围内工作，而且不妨碍彼此的运行。可以说，频率协调就是组织一个场地或一个临时地点的频率共存。在协调窄带解决方案和WMAS的过程中，所有成熟的频率协调方法都将保持不变，但WMAS可以让协调变得更加简单和快速。

WMAS技术具有一些促进共存的特征，首当其冲的就是双向性。让我们更深入地了解一下。

根据ETSI TR 103 450标准，WMAS由WMAS基站和移动WMAS设备组成，例如手持设备、腰包设备或具有任何其他外形特性的设备。

采用WMAS技术，所有设备都需要是收发机，即它们必须能够支持发射和接收控制信息，以便组织和同步整个系统。WMAS设备可以是音频发射机、音频接收机，也可以两者都是。音频发射和接收可以是一个或多个音频通道。WMAS设备既可以作为音频发射机，也可以作为双通道音频接收机，但它不需要两者兼顾——这取决于音响工程师如何配置这台设备。

WMAS基站能够扫描射频频谱，因此操作员无需任何附加设备即可知晓当前传输的内容。操作员选择频率协调员为其分配的单个WMAS载波频率，然后打开射频。

在传输之前，WMAS设备必须与WMAS基站完成配对、连接，并在基站上完成配置。这样，就不会再出现因旧的或预设的射频配置而导致意料外的传输风险。

如果一台WMAS设备失去与WMAS基站的连接，它将在一段时间后停止传输，并寻求重新建立连接。这消除了无意中处于活动状态的发射机的干扰风险，例如，当表演者在会场或活动现场漫步聊天或有其他需要时。

WMAS以低频谱密度和低发射功率运行，这是实现良好共存的关键，也是WMAS能够在拥挤的无线电频谱中，成为一位“好邻居”的关键。它减少了所需的间隔距离，并允许更密集的部署，例如，在一些会场和演播室中进行的多舞台搭建。频率的重复使用仍然需要一些规划工作，但是可调节的发射功率将有助于提前规划场地和频率规划。

如果使用方违反了协调好的频率规划，窄带和WMAS可能发生同通道操作。让我们仔细看下这种情况。一个200 kHz窄带接收机只能接收到WMAS发射的一小部分信号（1/30 或1/40，具体取决于TV通道的带宽是6 MHz还是8 MHz）。另一方面，一个200 kHz窄带发射机的全部发射内容将落入一台 WMAS 设备的接收带宽中。

假设一个50 mW/200 kHz的窄带200 kHz麦克风链路意外落入一个8 MHz WMAS通道中一起工作。在忽略传播损耗的情况下，窄带接收机在其200 kHz的接收带宽范围内受到小于1.25 mW的干扰功率。相比之下，一个8 MHz WMAS接收机面临的干扰水平为50 mW，同样忽略传播损耗。在此特别指出的是：我们正在考虑将单个窄带麦克风同频连接到一个多通道音频系统，该系统可以有16个、32个，甚至更多通道。

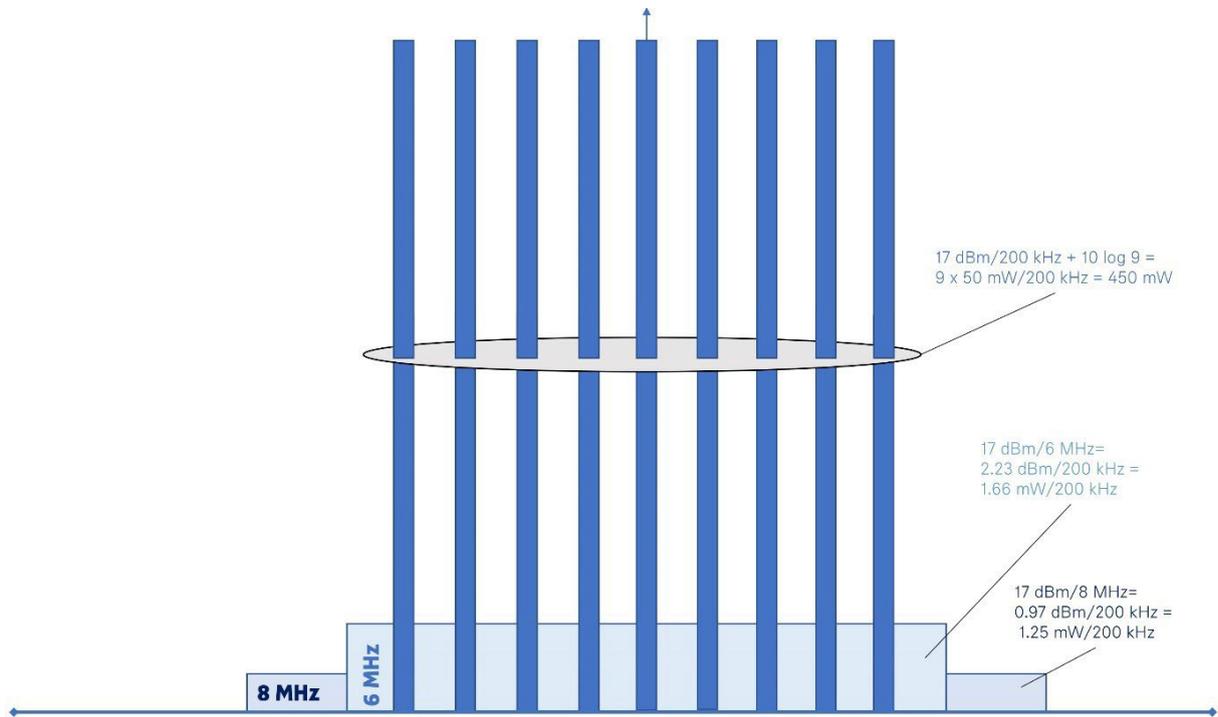


图3窄带发射机（深蓝色）与WMAS（浅蓝色）的发射比较

基于数字传输的特性，在这两种情况下，接收信号与噪声的比率将决定这个干扰是否有害。考虑周全的系统设计、对频率分集利用和先进的信号处理，使得WMAS解决方案更具可靠性，即使在附近出现此类窄带干扰时，也能持续运行。

尽管我们仍然建议保持与窄带系统相同的最小防护距离，但是在森海塞尔工厂开展的一次[实地测试](#)中，我们证明了WMAS系统拥有非常出色的可靠性。测试中，WMAS系统像三明治一样被夹在一个含有多个模拟耳返监听链路的TV通道和一个含有多个数字麦克风链路的TV通道之间。

森海塞尔的WMAS部署使每台WMAS设备（手持式、腰包式或天线）都能在运行过程中协助进行分布式干扰感知，这样，操作员便可持续获知每台设备的干扰水平。这让操作员能够了解正在发生的情况，并采取明智的行动。就像今天，他们的重点始终是发现和消除干扰源。如果无法实现，WMAS操作员可能会选择切换到另一个宽带通道，而这只会造成短暂的中断，因为所有设备都是由基站完全控制的。