



(12)发明专利

(10)授权公告号 CN 107431545 B

(45)授权公告日 2019.11.05

(21)申请号 201680017521.5

(22)申请日 2016.02.10

(65)同一申请的已公布的文献号
申请公布号 CN 107431545 A

(43)申请公布日 2017.12.01

(30)优先权数据
14/622,260 2015.02.13 US

(85)PCT国际申请进入国家阶段日
2017.09.22

(86)PCT国际申请的申请数据
PCT/US2016/017322 2016.02.10

(87)PCT国际申请的公布数据
W02016/130655 EN 2016.08.18

(73)专利权人 艾比奎蒂数字公司
地址 美国马里兰

(72)发明人 M·奈克汉金 A·多玛泽托维克
R·因 S·图拉西嘎姆

(74)专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专
利商标事务所 11038

代理人 刘凤香

(51)Int.Cl.
H04H 20/26(2008.01)

(56)对比文件
US 2013343576 A1,2013.12.26,
WO 2007066551 A1,2007.06.14,
US 2012028567 A1,2012.02.02,
CN 102394714 A,2012.03.28,

审查员 夏团兵

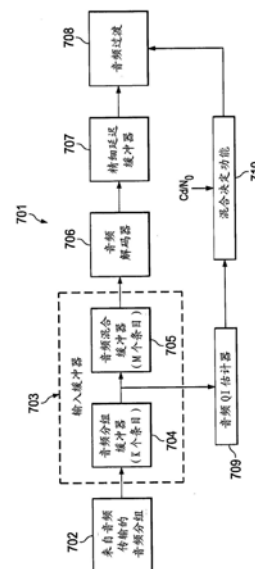
权利要求书3页 说明书17页 附图15页

(54)发明名称

用于HD无线电接收器的模拟与数字音频混合的方法和装置

(57)摘要

本发明提供了一种用于通过以下操作混合复合数字无线电广播信号的模拟和数字部分的方法和装置:对压缩音频分组进行处理从而计算相应的数字音频质量指标值,把压缩音频分组存储在音频混合缓冲器中,利用音频解码器对来自存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息进行处理从而生成解压缩数字音频信号样本,以及使用数字音频质量指标值引导用于把模拟音频信号样本与数字音频信号样本相组合的混合处理从而产生音频输出,这是通过在数字音频质量指标值表明压缩音频分组发生降级或受损的情况下防止模拟与数字之间的不必要的来回混合实现的。



1. 一种用于处理复合数字无线电广播信号以便平滑信号混合的方法,包括:
把所接收到的复合数字无线电广播信号分离成模拟音频部分和数字音频部分;
对复合数字无线电广播信号的模拟音频部分进行解调从而产生模拟音频信号样本;
通过下列处理对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号样本:
对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号,
使用上层解码处理对数字音频信号进行解码从而计算出多个压缩音频分组,
在对所述压缩音频分组执行音频解码前在压缩音频域中对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值,
把每一个压缩音频分组存储在用于存储多个压缩音频分组的音频混合缓冲器中,以及
利用连接到音频混合缓冲器的输出的音频解码器对来自存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息执行音频解码,从而生成解压缩数字音频信号样本;以及
通过在由一个或多个相应的数字音频质量指标值表明时防止或延迟从模拟到数字的混合,将模拟音频信号样本与数字音频信号样本进行数字组合从而产生音频输出。
2. 根据权利要求1所述的方法,其中,所述复合数字无线电广播信号包括空中带内同频道数字无线电广播信号。
3. 根据权利要求1所述的方法,其中,对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号包括:在复合数字无线电广播信号的数字音频部分上实施去交织、代码组合、FEC解码和错误标记,从而产生基带数字信号。
4. 根据权利要求3所述的方法,其中,对数字音频信号进行解码包括:实施数字基带信号的音频传输解码,从而计算出多个压缩音频分组。
5. 根据权利要求1所述的方法,其中,对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值包括:解析并检查每一个压缩音频分组的数据破坏。
6. 根据权利要求1所述的方法,其中,对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值包括:对每一个压缩音频分组上的每一个报头实施一致性检查。
7. 根据权利要求1所述的方法,其中,对存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组同时进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值。
8. 根据权利要求1所述的方法,其中,每一个压缩音频分组在被处理以计算相应的数字音频质量指标值之后被存储在音频混合缓冲器中。
9. 根据权利要求8所述的方法,还包括把相应的数字音频质量指标值存储在存储器存储设备中,所述存储器存储设备包括:
用于存储对应于被存储在音频分组缓冲器中的K个压缩音频分组的K个前瞻数字音频质量指标值的前瞻缓冲器;以及
用于存储对应于被存储在音频混合缓冲器中的多个压缩音频分组的M个当前数字音频质量指标值的当前缓冲器。
10. 根据权利要求9所述的方法,还包括:
基于K个前瞻质量指标值计算未来数字音频质量量度;以及
基于M个质量指标值计算当前数字音频质量量度,
其中,将模拟音频信号样本与数字音频信号样本进行数字组合包括:在当前数字音频

质量量度具有表明存储在音频混合缓冲器中的压缩音频分组不存在失真的第一值并且未来数字音频质量量度具有表明未来压缩音频分组存在失真的第二值时,防止或延迟从模拟到数字的混合。

11. 根据权利要求1所述的方法,还包括:

把补充节目服务 (SPS) 音频分组存储在音频分组缓冲器中;以及

把主要节目服务 (MPS) 音频分组存储在音频混合缓冲器中,

其中,对数字音频部分进行解调还包括在SPS音频分组与MPS音频分组之间进行切换以供输入到音频解码器中。

12. 一种用于处理复合数字无线电广播信号的接收器,包括其中存储有可执行指令和数据的至少一项可记录存储介质,所述可执行指令和数据在由至少一个处理设备执行时使得所述至少一个处理设备通过下列操作对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号样本:

对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号,

使用上层解码处理对数字音频信号进行解码从而计算出多个压缩音频分组,

在对所述压缩音频分组执行音频解码前对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值,

把每一个压缩音频分组存储在输入缓冲器中,所述输入缓冲器被连接来提供压缩音频分组以供输入到音频解码器,以及

利用音频解码器对来自存储在输入缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息执行音频解码,从而生成解压缩数字音频信号样本。

13. 根据权利要求12所述的接收器,还包括:

用于对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号的数字解调器,

用于使用上层解码处理对数字音频信号进行解码从而计算出多个压缩音频分组的音频传输解码器,

用于对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值的音频估计器,

用于存储每一个压缩音频分组的输入缓冲器中的音频混合缓冲器,以及

连接到音频混合缓冲器的输出的音频解码器,其用于对来自存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息进行处理从而生成解压缩数字音频信号样本。

14. 根据权利要求12所述的接收器,其中,所述可执行指令和数据使得所述至少一个处理设备通过对存储在输入缓冲器中的每一个压缩音频分组上的每一个报头实施一致性检查,或者对存储在输入缓冲器中的每一个压缩音频分组进行解析以检查数据破坏来对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值。

15. 根据权利要求12所述的接收器,其中,所述输入缓冲器包括连接到音频混合缓冲器的音频分组缓冲器,并且所述可执行指令和数据使得所述至少一个处理设备把每一个压缩音频分组存储在音频混合缓冲器中,并且同时对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值。

16. 根据权利要求12所述的接收器,其中,所述输入缓冲器包括连接到音频混合缓冲器

的音频分组缓冲器,并且所述可执行指令和数据使得所述至少一个处理设备对存储在音频分组缓冲器中的每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值,随后才把所述压缩音频分组存储在音频混合缓冲器中。

17. 根据权利要求16所述的接收器,还包括:

用于存储对应于被存储在音频分组缓冲器中的K个压缩音频分组的K个前瞻数字音频质量指标值的前瞻缓冲器;以及

用于存储对应于被存储在音频混合缓冲器中的多个压缩音频分组的M个当前数字音频质量指标值的当前缓冲器。

18. 根据权利要求17所述的接收器,还包括质量指标处理模块,其用于基于K个前瞻质量指标值计算未来数字音频质量量度以表明是否表明未来压缩音频分组存在失真,并且用于基于M个质量指标值计算当前数字音频质量量度以表明存储在音频混合缓冲器中的压缩音频分组是否不存在失真。

19. 根据权利要求12所述的接收器,还包括连接在音频解码器的输入处的选择器开关,其用于在(1)存储在输入缓冲器的音频分组缓冲器中的补充节目服务(SPS)音频分组与(2)存储在输入缓冲器的音频混合缓冲器中的主要节目服务(MPS)音频分组之间进行切换。

20. 一种包括计算机程序指令的有形计算机可读介质,所述计算机程序指令适于使得基带处理系统:

对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号;

使用上层解码处理对数字音频信号进行解码从而计算出多个压缩音频分组;

把每一个压缩音频分组存储在输入缓冲器中,所述输入缓冲器被连接来提供压缩音频分组以供输入到音频解码器,其中所述输入缓冲器包括:

用于存储K个前瞻压缩音频分组的音频分组缓冲器,以及

用于存储M个当前压缩音频分组的音频混合缓冲器;

在对所述压缩音频分组执行音频解码前对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值;以及

利用音频解码器对来自存储在输入缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息执行音频解码,从而生成解压缩数字音频信号样本。

用于HD无线电接收器的模拟与数字音频混合的方法和装置

技术领域

[0001] 本发明总体上涉及数字无线电广播传送器和接收器及其操作方法。在一个方面中,本发明涉及用于在无线电接收器中混合音频信号的数字与模拟部分的方法和装置。

背景技术

[0002] 数字无线电广播技术使用现有的无线电波段向移动、便携式和固定接收器递送数字音频和数据服务。一种类型的数字无线电广播被称作带内同频道 (IBOC) 数字无线电广播,其使用数字调制子载波或边带在相同的频率上同时传送数字无线电和模拟无线电广播信号,以便在AM或FM模拟调制载波信号上多路复用数字信息。由iBiquity Digital Corporation开发的HD Radio™技术是用于数字无线电广播和接收的IBOC实现方式的一个实例。利用IBOC数字无线电广播,可以通过传送模拟音频AM或FM备用音频信号在模拟调制载波和数字调制子载波上冗余地传送音频信号,从而当数字音频信号缺失、不可用或降级时可以把模拟AM或FM备用音频信号馈送到音频输出。在这些情况下,通过衰减数字信号把模拟音频信号逐渐地混合到输出音频信号中,从而随着数字信号变为不可用而把音频完全混合到模拟。随着数字信号变为可用,通过衰减模拟信号发生数字信号到输出音频信号中的类似混合,从而随着数字信号变为可用而把音频完全混合到数字。但是由于混合功能的平滑性方面的限制,当模拟与数字信号之间的音频差异显著时,模拟与数字信号之间的混合过渡可能会使得收听体验降级。举例来说,在电台覆盖的边缘处,信道围绕最小所需水平改变,当信号简短地处于所需水平以下时可能会发生类似对讲机 (squawk) 的干扰,在这种情况下,解码器无法生成真实音频,相反发送出无意义的数字。在大多数情况下,这一垃圾数据往往会波动到最大幅度,从而产生突然短时间并且令人不舒服的类似对讲机的气爆噪声 (pop noise)。用以平滑混合功能的现有解决方案需要较大的音频分组缓冲器来存储已解码音频分组,从而增加了成本并且增加了对于接收器的芯片上存储器需求。其他解决方案旨在通过在混合决定中使用计算机估计的信噪比值来降低混合的频率,但是这样的估计值对于某些情况的准确性受到限制,比如对于存在干扰的信道或者移动中的汽车,其中在移动环境中存在选择性衰落信道体验。由于在不会显著损害收听体验的情况下对于在无线电接收器处混合数字与模拟信号至少存在已表明挑战,因此将希望具有针对处理数字视频的更加实际并且经济的解决方案。

附图说明

[0003] 通过结合附图考虑后面的详细描述,可以理解本发明及其所获得的许多目的、特征和优点,其中:

[0004] 图1示出了根据某些实施例的用在带内同频道数字无线电广播系统中的传送器的简化方块图;

[0005] 图2是混合FM IBOC波形的示意性表示;

[0006] 图3是扩展混合FM IBOC波形的示意性表示;

- [0007] 图4是全数字FM IBOC波形的示意性表示；
- [0008] 图5是混合AM IBOC波形的示意性表示；
- [0009] 图6是全数字AM IBOC波形的示意性表示；
- [0010] 图7a和7b是从广播角度看去的IBOC数字无线电广播逻辑协议栈的图示；
- [0011] 图8是数字无线电接收器的简化方块图；
- [0012] 图9是从接收器角度看去的FM IBOC数字无线电广播逻辑协议栈的图示；
- [0013] 图10示出了根据所选实施例的示例性数字广播接收器的定时方块图；
- [0014] 图11示出了数字广播接收器中的数字和模拟信号路径的方块图；
- [0015] 图12示出了根据所选实施例的第一数字信号路径的电路方块图；
- [0016] 图13示出了根据所选实施例的第二数字信号路径的电路方块图；
- [0017] 图14示出了采用传统SPS/MPS切换架构的第三数字信号路径的电路方块图；以及
- [0018] 图15示出了采用根据所选实施例的SPS/MPS切换架构的第四数字信号路径的电路方块图。

具体实施方式

[0019] 本发明描述了通过把压缩音频分组缓冲在到音频解码器的输入缓冲器中,并且从存储在输入缓冲器中的压缩音频分组计算估计数字音频质量指标(QI),以便引导模拟与数字信号的混合的用于高效地混合数字与模拟信号的数字无线电接收器装置和相关联的操作方法。取代把来自音频解码器的PCM音频样本缓冲在输出音频混合缓冲器中以供用于在音频过渡或混合模块中进行组合,通过把压缩音频分组存储在输入音频混合缓冲器中允许使用更小尺寸的输入音频混合缓冲器。在所选择的实施例中,输入音频混合缓冲器的尺寸可以是用于存储对应于指定持续时间的音频的压缩音频分组的M条目缓冲器,其中所述指定持续时间足以确保模拟与数字音频之间的平滑过渡。举例来说,为了在96kB/s下存储1秒的音频,输入音频混合缓冲器只需要12kB 的存储器。在所选择的实施例中,通过对正在进入输入压缩音频混合缓冲器的压缩音频分组实施音频质量估计而提取出数字音频质量信息,从而当输入压缩音频混合缓冲器被完全填满时,接收器的混合决定功能模块在控制数字与模拟信号的混合时可以确定输入压缩音频混合缓冲器的内容是否存在失真。通过在压缩音频分组缓冲器的输入处实施音频质量估计而不是在压缩音频混合缓冲器的输入处实施音频质量估计,可以获得改进的混合性能。压缩音频分组缓冲器可以包含K 个分组,其可以被用于延迟数字音频以便将其在时域内与模拟音频对准,并且/或者用于在核心与增强音频流之间对准音频分组。通过在压缩音频分组进入压缩音频分组缓冲器时实施音频质量估计,所估计的数字音频质量信息可以被存储或者通过其他方式被使用来有效地为混合决定功能模块提供关于数字信号质量何时变差的超前或先验知识或者前瞻量度。利用这一超前知识,如果所估计的数字音频质量信息表明数字信号将变差,则数字无线电接收器可以继续使用模拟信号并且避免混合回到数字。这样就防止了在低带宽音频信号(例如模拟音频信号)与高带宽音频信号(例如数字IBOC信号)之间的反复来回混合,从而减少了收听体验中的令人不快的扰乱。按照类似的方式,如果所述超前知识表明所接收到的数字信号较差并且将变得更差,则数字无线电接收器可以混合到模拟并且在模拟中保持更长时间,而不是收听随着数字信号降级所生成的人为信号。实际上,所述前瞻量度提供了具有几秒持

续时间(取决于波段和模式)的进入到未来的一个窗口,从而使得“未来”数字信号质量信息利用关于即将到来的信号质量的超前知识引导混合处理,从而使得混合算法可以实施更好的运算并且提供更好的用户体验。把混合缓冲器移动到音频解码器的输入的另一个优点在于,主要节目服务(MPS)音频与补充节目服务(SPS)音频之间的切换可以几乎瞬时地发生,而不需要音频解码器填充输出音频混合缓冲器的任何静默间隔。

[0020] 现在将参照附图详细描述本发明的各个说明性实施例。虽然在后面的描述中阐述了各种细节,但是应当认识到,可以在没有这些具体细节的情况下实践本发明,并且可以对本文中所描述的发明作出许多特定于实现方式的决定以便实现设备设计者的具体目标,比如遵从对于不同实现方式将有所不同的处理技术或设计相关的约束。虽然这样的开发工作可能较为复杂并且耗时,但是对于受益于本公开内容的本领域普通技术人员来说仍然是例行的工作。举例来说,为了避免限制或模糊本发明,通过方块图形式而不是详细地示出所选择的方面。本文中所提供的详细描述的部分是通过算法和指令而给出的,所述算法和指令对存储在计算机存储器中的数据进行操作。这样的描述和表示由本领域技术人员使用来向本领域的其他技术人员描述和传达其工作的实质。一般来说,算法指的是得到所期望的结果的自相一致的步骤序列,其中“步骤”指的是对于物理量的操纵,虽然不一定需要如此,但是所述物理量可以采取能够被存储、传递、组合、比较以及通过其他方式操纵的电信号或磁信号的形式。常用的做法是把这些信号称作比特、值、元素、符号、字符、项、数字等等。这些和类似的术语可以与适当的物理量相关联,并且仅仅是被应用于这些量的方便的标签。除非明确声明或者从后面的讨论中可以明显看出,否则应当认识到,遍及说明书使用例如“处理”或“计算”或“确定”之类的术语进行的讨论指的是计算机系统或类似的电子计算设备的动作和处理,其把被表示为计算机系统的寄存器和存储器内的物理(电子)量的数据操纵并且变换成被类似地表示为计算机系统存储器或寄存器或者其他此类信息存储、传送或显示设备内的物理量的其他数据。

[0021] 图1-10和本文中的伴随描述提供了关于示例性IBOC系统、示例性广播装备结构和操作以及示例性接收器结构和操作的一般性描述。图11-15和本文中的伴随描述提供了用于在无线电接收器中混合音频信号的数字与模拟部分的传统和示例性方法的对比描述。虽然本公开内容的各个方面是在示例性IBOC系统的情境中给出的,但是应当理解的是,本公开内容不限于IBOC系统,并且本文中的教导同样适用于其他形式的数字无线电广播。

[0022] 本文中所提到的服务是用于经由射频广播传送内容的任何模拟或数字媒介。例如在IBOC无线电信号中,模拟调制信号、数字主要节目服务以及数字补充节目服务都可以被视为服务。其他的服务实例可以包括有条件访问节目(CA),所述有条件访问节目可以是需要特定访问代码的节目,并且可以是例如游戏或音乐会的广播之类的音频。附加的服务实例可以包括数据服务,比如交通更新服务、多媒体和其他文件以及节目服务指南(EPG)。本文中所提到的服务标识符指代特定服务。举例来说,如果模拟调制信号以94.1MHz为中心,则服务标识符可以指代94.1MHz的无线电频率。此外,IBOC数字无线电广播中的相同广播可以包括若干补充音频和数据服务,并且每一项可以具有其自身的服务标识符。此外,数据单位可以是指单独的比特、半字节、字节或者任何其他数据单位。

[0023] 现在参照图1,其中示出了可以被用来广播FM IBOC数字无线电广播信号的播音室站点10、FM传送器站点12以及播音室传送器链路(STL)14的示例性组件的功能方块图。播

音室站点10特别包括播音室自动化装备34,包括导入器18、导出器20和激发器辅助服务单元(EASU)22的总体操作中心(EOC)16。STL传送器48把EOC 16与传送器站点12链接。所描绘的传送器站点12包括STL接收器54、包括激发器引擎(engine)子系统58的激发器56以及模拟激发器60。虽然导出器20在图1中被示出为驻留在无线电台的播音室站点10处并且激发器60位于传送站点12处,但是这些单元可以共同位于传送站点12处。

[0024] 在电台站点10处,播音室自动化装备34把主要节目服务(MPS)音频42提供到EASU 22,把MPS数据40提供到导出器20,把补充节目服务(SPS)音频38提供到导入器18,并且把SPS数据36提供到导入器18。MPS音频充当主要音频节目来源。在混合模式中,其在模拟和数字传送中都保留现有的模拟无线电节目格式。MPS数据或SPS数据也被称作节目服务数据(PSD),其中包括例如音乐标题、艺术家、专辑名称等信息。补充节目服务可以包括补充音频内容以及节目服务数据。

[0025] 导入器18包含用于提供高级应用服务(AAS)的硬件和软件。AAS可以包括未被分类为MPS、SPS或电台信息服务(SIS)的任何类型的数据。SIS提供电台信息,比如呼号(call sign)、绝对时间、相关到GPS的位置等等。AAS的实例包括用于电子节目指南、导航地图、实时交通和天气信息、多媒体应用、其他音频服务以及其他数据内容的的数据服务。对应于AAS的内容可以由服务提供者44提供,其经由应用程序接口(API)向导入器提供服务数据46。服务提供者可以是位于播音室站点处的广播公司,或者是外部来源的第三方服务和内容提供者。导入器可以在多个服务提供者之间建立会话连接。导入器对服务数据46、SPS音频38和SPS数据36进行编码和多路复用,以便产生经由数据链路输出到导出器的导出器链路数据24。作为AAS的一部分,导入器还对服务信息指南(SIG)进行编码,并且通常在其中标识并描述服务。举例来说,SIG可以包括标识在当前频率上可用的服务类型的数据(例如MPS音频和任何SPS音频的类型)。

[0026] 导出器20包含对于提供主要节目服务和SIS以供广播所必要的硬件和软件。导出器通过音频接口接受数字MPS音频26并且对音频进行压缩。导出器还对MPS数据40、导出器链路数据24和压缩数字MPS音频进行多路复用,从而产生激发器链路数据52。此外,导出器通过其音频接口接受模拟MPS音频28并且对其应用预先编程的延迟,从而产生延迟模拟MPS音频信号30。该模拟音频可以作为用于混合IBOC数字无线电广播的备用信道而被广播。所述延迟补偿数字MPS音频的系统延迟,从而允许接收器在没有时间偏移的情况下在数字与模拟节目之间进行混合。在AM传送系统中,延迟MPS音频信号30由导出器转换成单声道信号(mono signal),并且作为激发器链路数据52的一部分被直接发送到STL。

[0027] EASU 22接受来自播音室自动化装备34的MPS音频42,将其速率转换到适当的系统时钟,并且输出所述信号的两份拷贝,其中一份是数字(26)并且一份是模拟(28)。EASU 22包括连接到天线25的GPS接收器。GPS接收器允许EASU导出主时钟信号,所述主时钟信号通过使用GPS单元被同步到激发器的时钟。EASU提供由导出器使用的主系统时钟。当导出器发生灾难性故障并且不再可操作时,EASU还被用来将模拟MPS音频绕道(或重定向),以免经过导出器。绕道的音频32可以被直接馈送到STL传送器,从而消除了停播事件。

[0028] STL传送器48接收延迟模拟MPS音频50和激发器链路数据52。其通过STL链路14输出激发器链路数据和延迟模拟MPS,所述链路可以是单向或双向链路。STL链路14例如可以是数字微波或以太网链路,并且可以使用标准用户数据报协议或标准TCP/IP。

[0029] 传送器站点12包括STL接收器54、激发器引擎(exgine) 56和模拟激发器60。STL接收器54通过STL链路14接收延迟模拟MPS音频和激发器链路数据,其中包括音频和数据信号以及命令和控制消息。激发器链路数据66被传递到激发器56,所述激发器56产生IBOC数字无线电广播波形。此外,延迟模拟MPS音频被提供到模拟激发器,如箭头68所示。所述激发器包括寄主处理器、数字上转换器、RF上转换器以及激发器引擎子系统58。激发器引擎接受激发器链路数据,并且对IBOC数字无线电广播波形的数字部分进行调制。激发器56的数字上转换器把激发器引擎输出的基带部分从数字转换到模拟。所述数字到模拟转换是基于GPS时钟,并且与从EASU导出的导出器的基于GPS的时钟是共同的。因此,激发器56包括GPS单元和天线57。用于同步导出器和激发器时钟的一种替换方法可以在美国专利号 7,512,175 中找到,其公开内容通过引用的方式被合并在本文中。激发器的RF上转换器把模拟信号向上转换到适当的带内频道频率。经过上转换的信号随后被传递到高功率放大器(HPA) 62和天线64以供广播。在AM传送系统中,激发器引擎子系统在混合模式下一贯地把备用模拟MPS音频添加到数字波形中;因此,AM传送系统并不包括模拟激发器60。此外,在AM传送系统中,激发器56产生相位和量值信息,并且模拟信号被直接输出到高功率放大器。

[0030] 可以使用多种波形在AM和FM无线电波段中都传送IBOC数字无线电广播信号。所述波形包括FM混合IBOC数字无线电广播波形、FM全数字IBOC数字无线电广播波形、AM混合IBOC数字无线电广播波形以及AM全数字IBOC数字无线电广播波形。

[0031] 图2是混合FM IBOC波形70的示意性表示。所述波形包括位于广播信道74的中心处的模拟调制信号72,上方边带78中的第一多个均匀间隔的正交频分多路复用的子载波76,以及下方边带82中的第二多个均匀间隔的正交频分多路复用的子载波80。数字调制子载波被划分到各个分组中,并且各种子载波被指定为参考子载波。一个频率分组是一组19个OFDM子载波,其中包含18个数据子载波和一个参考子载波。

[0032] 混合波形70包括模拟FM调制信号加上数字调制首要主子载波。各个子载波处于均匀间隔的频率位置。子载波位置被编号成从-546到+546。在所描绘的波形70中,子载波处于位置+356到+546和-356到-546。每一个首要主边带由十个频率分区构成。同样被包括在首要主边带中的子载波546和-546是附加参考子载波。每一个子载波的幅度可以通过幅度缩放因数被缩放。

[0033] 图3是扩展混合FM IBOC波形90的示意性表示。扩展混合波形90是通过把首要扩展边带92、94添加到存在于混合波形中的首要主边带78、82而产生的。可以把一个、两个或四个频率分区添加到每一个首要主边带的内侧边缘。扩展混合波形90包括模拟RF信号加上数字调制首要主子载波(子载波+356到+546和-356到-546)以及一些或全部首要扩展子载波(子载波+280到+355和-280到-355)。

[0034] 上方首要扩展边带包括子载波337到355(一个频率分区)、318到355(两个频率分区)或者280到355(四个频率分区)。下方首要扩展边带包括子载波-337到-355(一个频率分区)、-318到-355(两个频率分区)或者-280到-355(四个频率分区)。每一个子载波的幅度可以通过幅度缩放因数被缩放。

[0035] 图4是全数字FM IBOC波形100的示意性表示。全数字波形100是如下构造的:禁用模拟信号,完全扩展首要数字边带102、104的带宽,并且在模拟信号所空出的频谱中添加较低功率次要边带106、108。所示出的实施例中的全数字波形100包括子载波位置-546到+546

处的数字调制子载波,并且没有模拟FM信号。

[0036] 除了十个主频率分区之外,在全数字波形的每一个首要边带中存在所有四个扩展频率分区。每一个次要边带也具有十个次要主(SM)频率分区和四个次要扩展(SX)频率分区。但是不同于首要边带,次要主频率分区被映射成更靠近信道中心,扩展频率分区则更远离中心。

[0037] 每一个次要边带还支持一个较小的次要受保护(SP)区段110、112,其中包括12个OFDM子载波以及参考子载波279和-279。边带被称为“受保护”是因为其位于最不可能受到模拟或数字干扰影响的频谱区域中。附加参考子载波被放置在信道的中心处(0)。SP区段的频率分区排序并不适用,这是因为SP区段不包含频率分区。

[0038] 每一个次要主边带跨越子载波1到190或者-1到-190。上方次要扩展边带包括子载波191到266,并且上方次要受保护边带包括子载波267到278加上附加参考子载波279。下方次要扩展边带包括子载波-191到-266,并且下方次要受保护边带包括子载波-267到-278加上附加参考子载波-279。整个全数字频谱的总频率跨距可以高达 396803Hz。每一个子载波的幅度可以通过幅度缩放因数被缩放。

[0039] 在每一个波形70、90、100中,使用正交频分多路复用(OFDM)对数字信号进行调制。OFDM是一种并行调制方案,其中数据流调制被同时传送的大量正交子载波。OFDM固有地是灵活的,从而允许把逻辑信道映射到不同的子载波组。

[0040] 在混合波形70中,在混合波形中的模拟FM信号的任一侧的首要主(PM)边带中传送数字信号。每一个边带的功率水平被单独调节,并且明显低于模拟FM信号中的总功率。模拟信号可以是单声道或立体声,并且可以包括辅助通信授权(SCA)信道。

[0041] 在扩展混合波形90中,混合边带的带宽可以被朝向模拟FM信号扩展,以便增加数字容量。被分配到每一个首要主边带的内侧边缘的这一附加频谱被称作首要扩展(PX)边带。

[0042] 在全数字波形100中,模拟信号被去除,并且各个首要数字边带(或者当仅采用一个首要数字边带时则是一个边带)的带宽与扩展混合波形中一样被完全扩展。此外,这一波形允许在由模拟FM信号空出的频谱中传送较低功率数字次要边带。

[0043] 图5是AM混合IBOC数字无线电广播波形120的示意性表示。所述混合格式包括传统的AM模拟信号122(带限到大约 ± 5 Hz)连同高达接近30kHz宽的数字无线电广播信号124。所述频谱被包含在具有大约30kHz的带宽的信道126内。所述信道被划分成上方130和下方132频带。上方频带从信道的中心频率扩展到距离中心频率大约+15kHz。下方频带从中心频率扩展到距离中心频率大约-15kHz。

[0044] 在一个实例中,AM混合IBOC数字无线电广播信号格式包括模拟调制载波信号134加上跨越上方和下方频带的OFDM子载波位置。代表将要传送的音频或数据信号(节目素材)的已编码数字信息在子载波上被传送。由于符号之间的防护时间(guard time),符号率小于子载波间距。

[0045] 如图5中所示,上方频带被划分成首要部分136、次要部分138和第三部分144。下方频带被划分成首要部分140、次要部分142和第三部分143。出于这一解释的目的,第三部分143和144可以被视为包括在图5中被标记为146和152的多组子载波。位于信道中心附近的第三部分内的子载波被称作内侧子载波,位于更远离信道中心的第三部分内的子载波被

称作外侧子载波。第三部分中的子载波组146和 152具有基本上恒定的功率水平。图5还示出了用于符号控制的两个参考子载波154和156,其水平被固定在不同于其他边带的值。

[0046] 数字边带中的子载波的功率显著低于模拟AM信号中的总功率。给定的首要或次要部分内的每一个OFDM子载波的水平被固定在恒定值。首要或次要部分可以相对于彼此被缩放。此外,在位于主载波的任一侧的参考子载波上传送状态和控制信息。可以在恰好高于和低于上方和下方次要边带的频率边缘的单独子载波中传送单独的逻辑信道,比如IBOC数据服务(IDS)信道。每一个首要OFDM子载波的功率水平通常相对于未调制的主模拟载波是固定的。但是次要子载波、逻辑信道子载波以及第三子载波的功率水平是可调节的。

[0047] 使用图5的调制格式,在对于美国标准AM广播规定的信道掩码内传送模拟调制载波和数字调制子载波。所述混合系统使用模拟AM信号进行调谐和备份。

[0048] 图6是对应于全数字AM IBOC数字无线电广播波形的子载波指派的示意性表示。全数字AM IBOC数字无线电广播信号160包括位于上方和下方频带166和168中的被称作首要子载波的第一和第二组162 和164均匀间隔的子载波。被称作次要子载波的第三和第四组170和 172子载波也位于上方和下方频带166和168中。第三组的两个参考子载波174和176的位置最靠近信道的中心。子载波178和180可以被用来传送节目信息数据。

[0049] 图7a-b从传送器角度示出了IBOC数字无线电广播逻辑协议栈的图示。从接收器角度看,将在相反的方向上经过所述逻辑协议栈。在协议栈内的各种实体之间传递的大部分数据具有协议数据单元(PDU)的形式。PDU是由协议栈的特定层(或层内的处理)产生的结构化数据块。给定层的PDU可以封装来自协议栈的下一个更高层的PDU 并且/或者包括源自该层(或处理)本身的内容数据和协议控制信息。由传送器协议栈中的每一层(或处理)生成的PDU被输入到接收器协议栈中的相应层(或处理)。

[0050] 如图7a-b中所示,存在配置管理器330,其是向协议栈内的各种实体提供配置和控制信息的系统功能。所述配置/控制信息可以包括用户定义的设定以及从系统内生成的信息,比如GPS时间和位置。服务接口331表示用于所有服务的接口。服务接口对于各种类型的服务当中的每一种可以是不同的。例如对于MPS音频和SPS音频,服务接口可以是音频卡。对于MPS数据和SPS数据,所述接口可以具有不同API 的形式。对于所有其他数据服务,所述接口具有单一API的形式。音频编码器332对MPS音频和SPS音频全部二者进行编码,从而产生被传递到音频传输333的MPS和SPS音频已编码分组的核心流(流0) 和可选的增强流(流1)。音频编码器332还把未使用容量状态中继到系统的其他部分,从而允许包括机会数据。MPS和SPS数据被PSD 传输334处理,从而产生被传递到音频传输333的MPS和SPS数据PDU。音频传输333接收已编码音频分组和PSD PDU,并且输出包含压缩音频和节目服务数据全部二者的比特流。SIS传输335接收来自配置管理器的SIS数据,并且生成SIS PDU。SIS PDU可以包含电台标识和位置信息,关于所提供的音频和数据服务的指示,以及相关到GPS的绝对时间和位置,以及由电台传递的其他信息。AAS数据传输336接收来自服务接口的AAS数据以及来自音频传输的机会带宽数据,并且生成可以是基于服务参数的质量的AAS数据PDU。传输和编码功能被统称作协议栈的层4,相应的传输PDU被称作层4PDU或L4PDU。层2(337) 是信道多路复用层,其接收来自SIS传输、AAS数据传输和音频传输的传输PDU,并且将其格式化层2PDU。层2PDU包括协议控制信息和有效载荷,所述有效载荷可以是音频、数据或者音频与数据的组合。层2PDU经过正确的逻辑信道被路由到层1(338),其中逻辑信道是以规定的服

务等级把L1PDU传导经过层1的信号路径,并且可能被映射到预定义的子载波总集。基于服务模式存在多个层1逻辑信道,其中服务模式是规定吞吐量、性能水平和所选逻辑信道的操作参数的特定配置。活跃(layer 1)逻辑信道的数目以及定义所述逻辑信道的特性对于每一种服务模式可以有所不同。状态信息也在层2与层1之间被传递。层1把来自层2的PDU和系统控制信息转换成AM或FM IBOC数字无线电广播波形以供传送。层1处理可以包括加扰、信道编码、交织、OFDM子载波映射以及OFDM信号生成。OFDM信号生成的输出是表示对应于特定符号的IBOC信号的数字部分的复数基带时域脉冲。各个离散符号被串联形成连续时域波形,其被调制以产生IBOC波形以供传送。

[0051] 数字无线电广播接收器实施对于传送器描述的其中一些功能的逆反功能。图8是数字无线电接收器400的简化功能方块图,其具有将允许接收和解码数字音频广播(DAB)信号的组件。示例性的数字无线电接收器400可以是DAB接收器,比如AM或FM IBOC接收器。虽然出于示例性目的仅仅示出了接收器400的特定组件,但是应当认识到,所述接收器可以包括一定数目的附加组件,并且可以分布在具有调谐器和前端、扬声器、遥控器、各种输入/输出设备等等的一定数目的单独封装中。在接收器400处,DAB信号在一个或多个天线上被接收,比如用于接收无线电信号的AM天线442和FM天线443,所述DAB信号可以通过全数字、全模拟或混合IBOC波形被调制。所接收到的DAB信号被调谐器441处理从而产生被传递到前端电路445的中频(IF)信号444,所述前端电路445把IF信号变换到基带信号446。举例来说,调谐器441可以包括通过感兴趣的频带(例如 f_c)的带通预选滤波器,用于放大经过滤波的信号的低噪声放大器(LNA),把经过放大的信号与可调谐本地振荡器信号 f_{lo} 进行混频从而产生和信号(f_c+f_{lo})和差信号(f_c-f_{lo})的混频器,所述和信号和差信号被提供到中频滤波器,所述中频滤波器在线路444上通过感兴趣的已调信号处的中频信号 f_{if} 。在前端电路445中,模拟到数字转换器(ADC)可以产生数字样本,通过应用频移、滤波器和抽取对所述数字样本进行数字向下转换,从而产生作为较低采样率同相和正交信号的基带信号446。处理器447根据通过图9描述(将在后面描述)的逻辑协议栈对基带信号446进行处理,从而产生已解码数字音频信号448和已解码数字数据信号449。在不赘述细节的情况下,处理器447可以被具体实现为AM/FM基带处理器,其包括用于对基带信号446的模拟调制部分进行解调从而产生模拟音频信号的模拟解调器,用于对基带信号446的数字调制部分进行解调从而生成数字信号的数字解调器,所述数字信号被去交织和Viterbi解码并且随后被多路分解成单独的主要和补充节目信号,所述主要和补充节目信号被处理形成主要数字音频信号,从而可以与模拟音频信号进行混合从而在线路448上产生音频输出。

[0052] 数字到模拟(DAC)转换器450把已解码数字音频信号448转换成模拟信号,并且将其传递到放大器451以供输出到音频信宿或其他输出设备452,所述其他输出设备可以是一个或多个扬声器、头戴式耳机或者产生音频输出的任何其他类型的音频输出设备。已解码数字数据信号449通过一条或多条数据线449被传递到寄主控制器453,所述数据线可以被一起多路复用到适当的总线上,比如内部集成电路(I2C)、串行外围接口(SPI)、通用异步接收器/传送器(UART)或者通用串行总线(USB)。所述数据信号例如可以包括SIS、MPS数据、SPS数据以及一个或多个AAS。寄主控制器453接收并且使用任何适当的微控制器处理数据信号(例如SIS、MPSD、SPSD和AAS信号),比如8比特精简指令集计算机(RISC)微控制器、先进RISC 32比特微控制器或者任何其他适当的微控制器。此外,寄主控制器453的一部分或全

部功能可以在基带处理器(例如处理器447)中实施。在某些实施例中,寄主控制器453还可以控制来自键盘、拨盘、旋钮或其他适当输入的用户输入。寄主控制器453把数字数据456发送到用户界面(UI)454,所述用户界面可以包括用于输出例如文字或图像之类的数据的视觉表示的显示器455。寄主控制器453还与处理器447和用户界面454交换状态和控制信息457a、457b。

[0053] 接收器400还可以包括供处理器447使用的存储器458和459,所述存储器可以共享用于与处理器通信的存储器总线,以及用于存储由用户选择的节目内容的存储器460。存储器460优选地是不可移除存储设备,比如多媒体卡(MMC)。可以使用其他适当类型的存储器设备,比如硬盘、闪存、USB存储器、记忆棒等等。

[0054] 在实践中,在图8的接收器400中示出的许多信号处理功能可以使用一个或多个集成电路来实施。举例来说,虽然信号处理块、寄主控制器和存储器模块被示出为分开的组件,但是这些组件当中的两个或更多的功能可以被组合在单一处理器(例如芯片上系统(SoC))中。

[0055] 图9从接收器的角度示出了逻辑协议栈。FM IBOC波形由物理层(第一层(560))接收,其对信号进行解调和处理,从而将信号分离到各个逻辑信道中。逻辑信道的数目和种类将取决于服务模式,并且可以包括逻辑信道P1-P3、首要IBOC数据服务逻辑信道(PIDS)、S1-S5和SIDS。此外,例如可以通过时分多路复用把用于数据服务的逻辑信道划分成子信道。这些子信道可以提供逻辑信道的附加可分性,以促进更多种数据服务。

[0056] 层1产生对应于逻辑信道的L1PDU并且将所述PDU发送到层2(565),层2对L1PDU进行多路分解,从而产生对应于主要节目服务和任何补充节目服务的SIS PDU、AAS PDU、PSD PDU以及流0(核心)音频PDU和流1(可选增强)音频PDU。SIS PDU随后被SIS传输570处理从而产生SIS数据,AAS PDU被AAS传输575处理从而产生AAS数据,并且PSD PDU被PSD传输580处理从而产生MPSD数据(MPSD)和任何SPS数据(SPSD)。已封装PSD数据也可以被包括在AAS PDU中,从而被AAS传输处理器575处理并且在线路577上被递送到PSD传输处理器580,以供进一步处理并且产生MPSD或SPSD。SIS数据、AAS数据、MPSD和SPSD随后被发送到用户界面585。SIS数据如果是由用户请求的话,则随后可以被显示。同样地,MPSD、SPSD以及任何基于文字的或图形AAS数据可以被显示。流0和流1PDU被由音频传输590和音频解码器595构成的层4处理。可以有对应于在IBOC波形上接收到的节目的数目的多达N个传输。每一个音频传输产生对应于其中每一个所接收到的节目的已编码MPS分组或SPS分组。层4接收来自用户界面的控制信息,其中包括例如存储或播放节目的命令,以及与搜索或扫描正在广播全数字或混合IBOC信号的无线电台有关的信息。层4还向用户界面提供状态信息。

[0057] 正如先前所讨论的那样,IBOC数字无线电广播信号可以在混合格式中被传送,所述混合格式包括模拟调制载波(例如频率调制(FM)或幅度调制(AM))与多个数字调制载波(例如正交频分多路复用(OFDM)子载波)的组合。因此,操作在混合模式下的数字无线电广播接收器解调数字无线电广播音频信号的模拟部分(例如FM或AM)和数字部分(例如OFDM)全部二者。

[0058] 在没有数字无线电广播音频信号的数字部分的情况下(例如当信道被初始调谐时,或者当发生信道中断时),模拟AM或FM备用音频信号被馈送到音频输出。当数字信号变为可用时,基带处理器(例如447)实施混合或音频过渡功能,以便在加入数字音频信号的

同时平滑地衰减并且最终去除模拟备用信号,从而使得所述过渡的明显程度最低。在破坏数字信号的信道中断期间发生类似的过渡。在分集延迟时间期间通过循环冗余校验(CRC)错误检测装置可以检测到所述破坏。在这种情况下,在衰减DAB信号的同时将模拟信号逐渐过渡成输出音频信号,从而当在音频输出处出现数字破坏时将音频完全过渡到模拟。此外,每当数字信号不存在时,所述接收器输出模拟音频信号。

[0059] 在示例性的数字音频广播接收器中,检测并且解调模拟备用信号,从而产生44.1kHz音频样本流(在FM的情况下是立体声,其在低SNR条件下可以进一步混合到单声道或静音)。在44.1kHz下,每一个音频样本的持续时间是近似22.67毫秒。44.1kHz采样率与接收器的前端时钟同步。基带处理器(例如447)中的音频样本解码器也在近似44.1kHz下生成音频样本。传送器与接收器之间的44.1kHz时钟的微小差异阻碍模拟信号样本与数字信号样本的简单一对一组合,这是因为音频内容可能开始于不同点并且最终随着时间漂例。相应地,接收器和传送器时钟应当被同步,以便保持音频样本的对准。

[0060] 现在参照图10,其中示出了根据所选实施例的示例性数字广播接收器的简化定时方块图,其用于对准并且混合包含在所接收到的混合无线电广播信号中的数字和模拟音频信号。在天线442处接收时,对于时间量 T_{ANT} 处理所接收到的混合信号,该时间量通常是取决于实现方式的恒定时间量。所接收到的混合信号随后被IBOC信号解码器600数字化、解调和解码,这开始于前面所描述的模拟到数字转换器(ADC)445,其对于时间量 T_{ADC} (其通常是取决于实现方式的恒定时间量)处理信号从而产生数字样本,所述数字样本被向下转换从而产生较低采样率输出数字信号。

[0061] 在IBOC信号解码器600中,数字化的混合信号被分离到数字信号路径601和模拟信号路径602中以供解调和解码。在模拟路径602中,对于时间量 T_{ANALOG} 处理混合信号的所接收到的模拟部分从而产生表示所接收到的混合信号的模拟部分的模拟样本,其中 T_{ANALOG} 通常是取决于实现方式的恒定时间量。在数字信号路径601中,数字信号被采集、解调并且解码成数字音频样本,正如后面更加详细地描述的那样。数字信号路径601中的处理需要可变时间量 $T_{DIGITAL}$,该可变时间量将取决于数字信号的采集时间和数字信号路径601的解调时间。由于例如衰落和多径之类的无线电传播干扰,采集时间可能根据数字信号的强度而变化。数字信号路径601应用层1处理以使用相当确定性的处理对所接收到的数字IBOC信号进行解调,所述处理基于具体实现方式提供非常少的或者不提供数据缓冲。数字信号路径601随后把所得到的数据馈送到一个或多个上层模块,所述上层模块对已解调数字信号进行解码以便最大化音频质量。在所选择的实施例中,上层解码处理涉及基于空中条件缓冲所接收到的信号。在所选择的实施例中,(多个)上层模块可以对于每一种IBOC服务模式(MP1-MP3、MP5、MP6、MP11、MA1和MA3)实施确定性处理。正如后文中所描述的那样,上层解码处理包括混合决定模块,其引导音频过渡或混合模块603中的音频和模拟信号的混合。在音频过渡模块603处对混合决定进行处理所需的时间是恒定时间量 T_{BLEND} 。

[0062] 在音频过渡或混合模块603处,使用来自数字信号路径601的引导控制信令把来自数字信号的样本与来自模拟信号的样本(直接从模拟信号路径602提供)对准并混合,以避免不必要的从模拟到数字的混合。在音频过渡模块603处对准并混合数字与模拟信号所需的时间是恒定时间量 $T_{TRANSITION}$ 。最后,在处理时间 T_{DAC} 期间经由数字到模拟转换器(DAC)450把组合后的数字化音频信号转换成模拟以供渲染,所述处理时间 T_{DAC} 通常是取决于实现

方式的恒定时间量。

[0063] 在图11中示出了用于对准模拟与数字音频信号的处理的示例性功能方块图。所示出的功能可以在基带处理器(例如图8中的447)中实施,所述基带处理器具体实现可以包括一个或多个处理单元的处理系统,所述处理单元被配置成(例如通过软件和/或固件编程)实施本文中所描述的功能,其中基带处理器的处理系统可以适当地耦合到任何适当的存储器(例如RAM、闪存ROM、ROM)。举例来说,可以通过本领域内已知的方法来制作半导体芯片以包括处理系统(其包括一个或多个处理器)以及存储器,如果希望的话,例如所述处理系统和存储器可以根据已知的方法被安排在单一半导体芯片上。

[0064] 在基带处理器处,同时包含模拟和数字部分的所接收到的信号样本64进入分离模块606,其中使用本领域技术人员已知的信号分离技术(例如滤波器)把基带输入信号分离到数字信号路径601和模拟信号路径602中。在数字路径601中,数字样本进入前端模块607,其对构成数字信号的符号进行滤波和分配,比如通过使用隔离滤波器对DAB上方和下方边带进行滤波和隔离,在符号分配器(例如RAM缓冲器)中累积经过滤波的感兴趣样本之前,所述DAB上方和下方边带经过可选的第一邻近消除器以衰减存在干扰的邻近FM信号频带。

[0065] 来自前端模块607的数字样本被输入到采集模块608中,所述采集模块608从所接收到的OFDM符号采集或恢复OFDM符号定时偏移量或误差以及载波频率偏移量或误差。采集模块608还产生调节前端模块607的符号分配器中的指针位置的采集符号偏移量信号。当采集模块608表明其已经采集了数字信号时,其基于采集时间利用采集符号偏移量调节符号分配器中的样本指针的位置,并且随后通过控制线611调用数字解调器612。

[0066] 数字解调器612随后接收数字信号,并且随后对所接收到的压缩音频数据实施所有必要的操作,即去交织、代码组合、FEC解码和错误标记。基带信号随后被传递到上层模块613,其对音频和数据信号进行多路分解并且实施音频传输解码(例如前面结合图9描述的层2和层4的音频传输部分)。作为上层模块613中的音频传输处理的结果,对应于主要和补充节目的压缩音频分组被提取出来并且被存储在音频分组缓冲器614中。来自每一个调制解调器帧的音频信息被音频解码器615处理,所述音频解码器615接收来自音频分组缓冲器614的压缩音频分组并且从而产生PCM音频样本。音频解码器615可以被具体实现为编解码器(HDC),其被配置成对数字音频分组进行解压缩,并且将所述数字音频分组输出到音频混合延迟输出缓冲器616以在其中排入队列。音频混合延迟输出缓冲器616可以是任何适当的存储器,比如实施在RAM中的先入先出(FIFO)存储器,以便把在对准模块609中计算的一定量的延迟引入到音频样本中,从而使得数字音频样本的前沿与等效的模拟样本对准。

[0067] 对准模块609计算包括粗略延迟610A和精细延迟610B的延迟量610。对准模块609通常在采集新的信号时确定延迟量,比如在把接收器调谐到新的频率时,或者在丢失并且随后重新采集当前信号时。在接收器中,层1(例如前端模块607、采集模块608和数字解调器612)可以操作在不同于上方层(例如上方层613和音频解码器615)的速率下。层1处理时间通常由样本/PDU中的前端中断(输入)决定,上方层处理时间由分组中的DAC中断(输出)决定。由于两个不同的系统在两个不同的时间尺度下驱动处理,因此希望把两个系统都置于相同的时间尺度上,这是通过配置对准模块609以确定表示第一样本在到达层2的接口为止在层1中所花费的时间的时间量数据。此时处理从样本/PDU改变到分组。

[0068] 提供到音频混合延迟输出缓冲器616的粗略延迟610A是考虑到递送延迟和接收器

中的恒定处理延迟的预定的恒定值,并且被用来以±一个音频帧的粒度把来自数字信号的音频样本与来自模拟信号的音频样本在时间上对准。相应地,粗略延迟610A的值将是特定于实现方式的,并且对于AM和FM模式可以是不同的。提供到精细延迟缓冲器617的精细延迟610B是解决接收器中的模拟与数字路径之间的处理延迟的较小差异的预定的恒定值,并且被用来以音频样本的粒度把来自数字信号的音频样本与来自模拟信号的音频样本在时间上对准。相应地,精细延迟的值也将是特定于实现方式的,并且对于AM和FM模式可以是不同的。

[0069] 一旦对准模块609确定延迟量,粗略预解码延迟610A和精细延迟610B就分别被插入到音频混合延迟输出缓冲器616和精细延迟缓冲器617中,这是通过把所述缓冲器中的读取指针调节对应的延迟量。样本中的延迟量可以是正或负达到完整视频帧的尺寸(例如2048个样本)。来自数字信号路径601的经过延迟的音频样本631随后作为数字视频帧被输出到音频过渡模块603。

[0070] 来自信号的模拟部分的样本离开分离模块606,并且进入对样本实施初始处理(例如样本缓冲和噪声滤波)的模拟处理电路622。所述样本随后进入模拟解调器624,并且在其中被解调成模拟音频样本。接下来,模拟音频样本进入异步采样率转换器(SRC)626,在其中把基于接收器的参考时钟的模拟音频样本的采样率调节到匹配从数字解调器612获得的传送器的参考时钟。模拟音频样本随后经过模拟样本缓冲器628,在其中模拟音频样本可以被成帧到例如包括1024或2048个音频立体声样本的模拟音频帧中,并且随后作为来自模拟信号路径602的音频样本632被输入到音频过渡模块603中。

[0071] 在音频过渡模块603处,音频混合延迟输出缓冲器616和精细延迟缓冲器617中的解压缩数字音频样本在由混合控制模块619生成的过渡控制信号633的控制下与模拟音频样本相组合。该过渡控制信号通过把数字音频斜升或斜降而控制被用来形成输出的信号的模拟和数字部分的相对量。音频过渡模块603随后把通过数字方式组合的信号输出到DAC 450,所述信号在其中被转换成模拟音频以供渲染。

[0072] 通常来说,过渡控制信号633对信号的数字部分的某种降级度量作出响应,比如信噪比或数字载波与噪声密度比 C_d/N_o ,其被用来使得从模拟到数字音频的切换更加保守。在具有总体较低的 C_d/N_o 的信道中,即使音频质量指标好到足以确保暂时切换到数字也将不会允许切换,从而避免数字覆盖边缘处的多次混合。但是所估计的数字载波/信噪比 C_d/N_o 仅仅提供关于信道质量的近似指示。在衰落信道或存在干扰的信道中,估计 C_d/N_o 值的不准确性可能导致将延长保持在模拟中的过于保守的决定,从而减小数字覆盖。相应地,混合功能模块619可以处理在音频解码的过程中估计的数字音频质量指标(QI)。为此,音频QI估计器618可以被连接来随着音频样本被存储在音频混合延迟输出缓冲器616中而解析并检查音频分组的数据破坏,从而允许混合功能模块619确定被存储在音频混合延迟输出缓冲器616中的数字音频样本是否“良好”的音频。这样,通过生成过渡控制信号633以控制模拟与数字音频之间的交叉应当在何时开始,混合功能模块619可以确保模拟音频将混合到不存在失真的数字音频。

[0073] 位于音频解码器615的输出处的音频混合延迟输出缓冲器616被实施在(解压缩)PCM域中。在给定用于确保模拟与数字音频之间的平滑过渡的典型混合过渡持续时间(例如近似1秒)的情况下,音频混合延迟输出缓冲器616的尺寸应当被确定成对于该持续时间保

持足够的数 据 (例如至少近似 170kB)。然而不幸的事,这样大的缓冲器对于具有有限的芯片上存储器的芯片来说太大并且太过昂贵。

[0074] 为了提供关于具有紧凑并且高效的音频混合延迟缓冲器的数字无线电接收器的说明性细节,现在将参照图 12,该图示出了根据本公开内容的所选实施例的第一数字信号路径 701 的功能电路方块图。所示出的功能可以在基带处理器 (例如图 8 中的 447) 中实施,所述基带处理器具体实现可以包括一个或多个处理单元的处理系统,所述处理单元被适当地配置并耦合到任何存储器 (例如 RAM、闪存 ROM、ROM) 以便实施所描绘的数字信号路径功能。举例来说,基带处理器可以包括音频传输模块,其实施音频和数据信号的上层解码以生成对应于主要和补充节目的压缩音频分组 702,所述压缩音频分组 702 被存储在保持至少 K 个条目的输入缓冲器或存储器存储设备 703 中。具体来说,输入缓冲器或存储器存储设备 703 可以包括用于存储 K 个压缩分组条目的第一音频分组缓冲器 704 以及用于存储 M 个压缩分组条目的第二音频混合缓冲器 705。第二音频混合缓冲器 705 可以是任何适当的存储器,比如实施在 RAM 中的先入先出 (FIFO) 存储器。在所选择的实施例中,第二音频混合缓冲器 705 的尺寸保持 M 个压缩分组条目,其中 M 通常小于 K 并且被选择成对应于特定音频持续时间,例如 1 秒。这样,来自每一个调制解调器帧的压缩音频分组被存储在缓冲器或存储器存储设备 703 中,并且被音频解码器 706 处理以产生用于输出到精细延迟缓冲器 707 的 PCM 音频样本,所述精细延迟缓冲器 707 被用于在音频过渡模块 708 处的数字音频样本与模拟音频样本的准确时间对准。通过把音频混合缓冲器 705 移动到音频解码器 706 的输入,可以借助于存储压缩音频分组而大大减小音频混合缓冲器 705 的尺寸。举例来说,为了在 96kb/s 下存储 1 秒的音频,音频混合缓冲器 705 只需要 12kB 的存储器,从而与音频混合延迟输出缓冲器 616 相比几乎减小了 15 倍。

[0075] 为了测量接收自音频输出并且被存储在音频混合输入缓冲器 705 中的音频分组的信号质量,音频 QI 估计器 709 可以被连接来随着压缩音频分组被存储在音频混合延迟输入缓冲器 705 中而解析并检查压缩音频分组的数据破坏,从而允许混合决定功能模块 710 确定被存储在音频混合延迟缓冲器 705 中的数字音频样本是否“良好”的音频。为此,在音频解码块 706 之前进行音频质量估计。在所选择的实施例中,通过随着压缩分组被存储在音频混合延迟输入缓冲器 705 中而解析并检查压缩音频分组的数据破坏 (比如通过使用循环冗余校验 (CRC) 或 多项式代码校验和函数),音频 QI 估计器 709 在音频解码之前生成所估计的音频质量指标 (QI)。附加地或替换地,音频 QI 估计器 709 可以使用被设计成引导音频解码处理的分组报头信息的一致性检查。检查结果导致识别出由音频解码块 706 实施的错误隐藏处理的需求和 / 或状态。这样的识别将直接导致相应的解码策略,从而决定该策略所产生的音频输出的质量。这一质量通过音频 QI 估计器 709 所生成的数字音频质量指标 (QI) 来量化和表示。通过随着压缩音频分组被存储在音频混合延迟输入缓冲器 705 中而从压缩音频分组计算估计音频 QI 值,音频质量估计比音频解码提前规定的混合过渡持续时间 (例如近似 1 秒)。此外,来自估计器 709 的“预先计算”的音频 QI 值可用于由混合决定功能模块 710 进行处理,所述混合决定功能模块 710 控制音频过渡模块 708 处的模拟与数字音频之间的交叉的开始。在所选择的实施例中,混合决定功能模块 710 每次处理一个音频 QI 值,比如通过使用随着每一个到来的指标而改变状态的状态机控制逻辑。作为对于音频 QI 值的这一顺序处理的结果,混合决定功能模块 710 不具有关于下一个音频 QI 值的提前知识,并且混合决定是

在不具有前瞻能力的情况下基于直到当前时间为止所处理的分组而作出的。

[0076] 为了提供关于使用紧凑并且高效的音频混合延迟输出缓冲器来提供改进的混合决定功能的数字无线电接收器的说明性细节,现在将参照图13,该图示出了根据本公开内容的所选实施例的第二数字信号路径801的功能电路方块图。所示出的功能可以在基带处理器(例如图8中的447)中实施,所述基带处理器具体实现可以包括一个或多个处理单元的处理系统,所述处理单元被适当地配置并耦合到任何存储器以便实施所描绘的数字信号路径功能。举例来说,基带处理器可以包括音频传输模块,其用于实施音频和数据信号的上层解码以生成对应于主要和补充节目的压缩音频分组802,所述压缩音频分组802被存储在保持至少K个条目的输入缓冲器或存储器存储设备803中。具体来说,输入缓冲器或存储器存储设备803可以包括用于存储压缩分组的第一K条目音频分组缓冲器804以及用于存储压缩分组的第二M条目音频混合缓冲器805。第二音频混合缓冲器805可以是任何适当的存储器,比如实施在RAM中的先入先出(FIFO)存储器,其尺寸可以被确定成存储M个压缩分组条目,从而借助于存储压缩音频分组而大大减小音频混合缓冲器805的尺寸。这样,来自每一个调制解调器帧的压缩音频分组被存储在缓冲器或存储器存储设备803中,并且被音频解码器806处理以产生用于输出到精细延迟缓冲器807的PCM音频样本。

[0077] 利用存储在输入缓冲器/存储器存储设备803中的K+M个压缩音频分组,数字信号路径801测量音频分组的信号质量,这是通过连接音频QI估计器809以便随着接收自音频传输802的压缩音频分组被存储在输入缓冲器/存储器存储设备803中而对其进行解析和检查。在所选择的实施例中,音频QI估计器809通过随着压缩音频分组被存储在音频分组缓冲器804中解析并检查其数据破坏而生成所估计的音频质量指标(QI),这例如是通过使用CRC、多项式代码校验和以及/或者一致性检查函数来识别音频分组错误。但是通过连接音频QI估计器809来解析并检查从音频传输802提取出的音频分组,音频质量估计在时间上被进一步提前(与图12中示出的数字信号路径701相比)。但是取代把估计音频QI值作为直接输入提供到混合决定功能模块813,QI前瞻缓冲器810被连接到音频QI估计器809的输出,从而使得存储在音频分组缓冲器804中的每一个音频分组具有存储在QI前瞻缓冲器810中的相应的所指派的音频QI值。此外,QI当前缓冲器811可以连接到QI前瞻缓冲器810的输出,从而使得存储在音频混合缓冲器805中的每一个音频分组具有存储在QI当前缓冲器811中的相应的所指派的音频QI值。

[0078] 在所选择的实施例中,QI前瞻缓冲器810的尺寸被确定成存储对应于存储在音频分组缓冲器804中的K个条目的K个条目,并且QI当前缓冲器811的尺寸被确定成存储对应于存储在音频混合缓冲器805中的M个条目的M个条目。举例来说,如果音频分组缓冲器804存储对应于FM主要节目的近似1.5秒音频的压缩音频分组并且音频混合缓冲器805存储对应于FM主要节目的近似1秒音频的压缩音频分组,则QI前瞻缓冲器810为混合决定功能模块813提供在作出混合决定时对于相应的估计音频QI值前瞻1.5秒的能力。在没有QI前瞻缓冲器810的情况下,混合决定功能模块813在作出混合决定时将只能访问最近的M个分组(对应于音频混合缓冲器805的尺寸)。这可能导致以下情况:混合到数字的决定是基于最近的M个分组是“良好”的,但是如果下一个分组是“坏”的,则可能导致混合回到模拟。因此,QI前瞻缓冲器810允许混合决定功能模块813预测接下来的几个音频分组的音频质量,从而避免来回混合。

[0079] 根据本公开内容的所选实施例,混合决定功能模块813使用当前音频QI值和前瞻QI值全部二者来引导混合处理。为此,QI处理电路或模块812可以被连接来从对应于音频分组缓冲器804中的压缩音频分组的QI前瞻缓冲器810接收音频QI值,并且还可以被连接来从对应于音频混合缓冲器805中的压缩音频分组的QI当前缓冲器811接收音频QI值。QI处理器812的计算功能可以被具体实现在控制逻辑、滤波器和/或其他适当的电路中,以用于计算当前和/或未来音频质量量度值。举例来说,QI处理器812可以被配置成计算对应于当前和未来分组全部二者的数字音频质量量度(DAQM),其中当前DAQM值是处理对应于当前的M个分组的当前音频QI值的结果,并且未来DAQM值是处理对应于将在解码当前的M个分组之后被解码的K个分组的前瞻音频QI值的结果。其结果是,QI处理器812可以生成表明当前的M个分组是“良好”的当前DAQM值,以及表明在未来的K个分组中存在坏分组的未来DAQM值。通过使用“良好”的当前DAQM值和“坏”的未来DAQM值,混合决定功能模块813可以被配置成避免混合到数字。在所选择的实施例中,可以由寄主微控制器取回并进一步处理DAQM值以减少时间值波动,其中寄主控制器作出可能比混合决定功能模块813的保守程度略低的其自身的混合决定。

[0080] 为了在作出混合决定的方式方面保持与现有数字无线电接收器的后向兼容性,可以通过禁用QI处理器812并且通过把对应于直接输入的估计当前音频QI值路由到混合决定功能模块813而关闭当前DAQM和未来DAQM计算。在QI处理器被禁用的情况下,混合决定功能模块813可以被配置成仅使用当前音频QI值,其中可以单独使用或者与所估计的数字载波/信噪比值Cd/No组合使用。在任一种配置中,混合决定功能模块813能够使用存储在输入缓冲器/存储器存储设备803中的数字音频来控制音频过渡模块808处的模拟与数字音频之间的交叉的开始。

[0081] 除了基于前瞻音频QI值减小音频混合缓冲器存储器尺寸并且改进混合决定之外,应当认识到把音频混合缓冲器移到音频解码器之前还有其他明显的益处和优点。为了说明一项这样的益处,现在将参照图14,该图示出了采用传统的SPS/MPS切换架构的第三数字信号路径901的电路方块图。在数字信号路径901的所示出的部分中,对应于由音频传输902提取出的主要和补充节目的压缩音频分组被存储在K条目音频分组缓冲器904中。在音频分组缓冲器904的输出处,选择器开关906被连接来把MPS或SPS压缩音频分组连接到音频解码器908,所述音频解码器908从而产生用于输出并存储在音频混合缓冲器910中的PCM音频样本。如果用户选择“SPS音频”,则MPS/SPS选择器开关906把SPS音频分组路由到音频解码器908的输入。同样地,如果用户选择“MPS音频”,则MPS/SPS选择器开关906把MPS音频分组馈送到音频解码器908中。音频解码器908输出表示MPS或SPS音频的PCM样本。样本的路径根据选择了哪一种音频是不同的。具体来说,SPS音频直接去到输出(如虚线所示),但是MPS音频则经过音频混合缓冲器910并且随后去到音频过渡模块(未示出)。由于音频混合缓冲器910的尺寸并且被定位在音频解码器908的输出处,在MPS音频在音频混合缓冲器910的输出处可用之前,去到MPS音频的任何切换都需要“填充”时间(例如1秒),在此时间期间用户将听到静默。

[0082] 作为对比,图15示出了采用根据所选实施例的SPS/MPS切换架构的第四数字信号路径911的电路方块图,其中音频混合缓冲器被定位在音频解码器之前。在数字信号路径911的所示出的部分中,对应于由音频传输912提取出的主要和补充节目的压缩音频分组被

存储在保持至少K个条目的输入缓冲器或存储器存储设备913中。具体来说,输入缓冲器或存储器存储设备913包括用于存储K个压缩分组条目的第一音频分组缓冲器914和用于存储M个压缩分组条目的第二MPS音频混合缓冲器916。在MPS音频混合缓冲器916的输出处,选择器开关918被连接来把MPS或SPS压缩音频分组连接到音频解码器920,所述音频解码器920从而产生用于输出的MPS或SPS PCM音频样本。如果用户选择“SPS音频”,则MPS/SPS选择器开关906把SPS音频分组从音频分组缓冲器914路由到音频解码器920的输入。但是如果用户选择“MPS音频”,则MPS/SPS选择器开关918从音频混合缓冲器916的输出馈送MPS音频分组。其结果是,当发生从SPS到MPS的切换时,MPS已经从音频混合缓冲器916可用,从而使得切换几乎是瞬时的,并且在切换之后不存在与切换相关的静默。对应于来自音频解码器920的MPS和SPS音频全部二者的输出路径在这种情况下是相同的。

[0083] 应当认识到,所公开的用于处理复合数字音频广播信号的系统、方法和接收器装置以及本文中所公开的已编程功能可以通过硬件、处理电路、软件(包括但不限于固件、驻留软件、微代码等等)或者其某种组合来具体实现,其中包括可以从计算机可用或计算机可读介质访问的计算机程序产品,所述计算机可用或计算机可读介质提供程序代码、可执行指令和/或数据以供计算机或任何指令执行系统使用或者与之相结合来使用,其中计算机可用或计算机可读介质可以是包括或存储程序以供指令执行系统、装置或设备使用的任何装置。非瞬时性计算机可读介质的实例包括半导体或固态存储器、磁带、存储器卡、可移除计算机磁盘、随机存取存储器(RAM)、只读存储器(ROM)、硬性磁盘和光盘(比如紧致盘只读存储器(CD-ROM)、紧致盘读/写(CD-R/W)和DVD)或者任何其他适当的存储器。

[0084] 现在应当认识到,本文中提供了一种用于带内同频道(IBOC)数字无线电广播信号的接收器以及相关联的处理器实施的操作方法。在所选择的实施例中,一种数字无线电广播接收器包括其中存储有可执行指令和数据的至少一项可记录存储介质,所述可执行指令和数据在由至少一个处理设备执行时使得所述至少一个处理设备:把所接收到的复合数字无线电广播信号分离成模拟音频部分和数字音频部分;对模拟和数字音频部分进行解调从而分别产生模拟和数字音频信号样本;以及通过在由一个或多个相应的数字音频质量指标值表明时防止或延迟从模拟到数字的混合将模拟音频信号样本与数字音频信号样本进行数字组合从而产生音频输出。正如本文中所公开的那样,对数字音频部分进行解调包括:对复合数字无线电广播信号的数字音频部分进行解调从而产生数字音频信号,比如通过在复合数字无线电广播信号的数字音频部分上实施去交织、代码组合、FEC解码和错误标记,从而产生基带数字信号。随后使用上层解码处理对数字音频信号进行解码从而计算出多个压缩音频分组,比如通过对数字基带信号实施音频传输解码从而计算出多个压缩音频分组。随后对每一个压缩音频分组进行处理从而计算出相应的数字音频质量指标值,比如通过解析并检查每一个压缩音频分组的数据破坏以及/或者对每一个压缩音频分组上的每一个报头实施一致性检查。此外,每一个压缩音频分组被存储在输入缓冲器中,所述输入缓冲器被连接来提供压缩音频分组以供输入到音频解码器并且可以包括用于存储K个前瞻压缩音频分组的音频分组缓冲器以及用于存储M个当前压缩音频分组的音频混合缓冲器。在所选择的实施例中,存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组被同时处理从而计算出相应的数字音频质量指标值,而在其他实施例中,在把压缩音频分组存储在音频混合缓冲器之前对存储在音频分组缓冲器中的每一个所述压缩音频分组进行处理从而计算出相应的

数字音频质量指标值,从而使得每一个压缩音频分组在被处理以计算出相应的数字音频质量指标值之后才被存储在音频混合缓冲器中。在把每一个压缩音频分组存储在用于存储多个压缩音频分组的音频混合缓冲器中之后,利用音频解码器对来自存储在音频混合缓冲器中的每一个压缩音频分组的音频信息进行处理,从而生成解压缩数字音频信号样本。在其中SPS音频分组被存储在音频分组缓冲器中并且MPS音频分组被存储在音频混合缓冲器中的所选择的实施例中,选择器开关可以被连接在音频解码器的输入处,以用于在SPS音频分组与MPS音频分组之间进行切换以供输入到音频解码器中。在所选择的实施例中,每一个数字音频质量指标值被存储在存储器存储设备中,所述存储器存储设备可以包括用于存储对应于被存储在音频分组缓冲器中的K个压缩音频分组的K个前瞻数字音频质量指标值的前瞻缓冲器,以及用于存储对应于被存储在音频混合缓冲器中的多个压缩音频分组的M个当前数字音频质量指标值的当前缓冲器。在这样的实施例中,可以提供质量指标处理模块,其用于基于K个前瞻质量指标值计算未来数字音频质量量度并且用于基于M个质量指标值计算当前数字音频质量量度,其中在当前数字音频质量量度具有表明存储在音频混合缓冲器中的压缩音频分组不存在失真的第一值并且未来数字音频质量量度具有表明未来压缩音频分组存在失真的第二值时,将模拟音频信号样本与数字音频信号样本进行数字组合的步骤防止或延迟从模拟到数字的混合。

[0085] 虽然本文中公开的所描述的示例性实施例是针对一种用于通过对压缩音频分组进行音频解码之前采用从压缩音频分组中提取出的数字音频质量指标值,把带内同频道(IBOC)数字无线电广播信号中的模拟音频信号样本与数字音频信号样本进行数字组合的示例性IBOC系统,本发明不一定受限于说明适用于多种数字无线电广播接收器设计和/或操作的本发明的各个发明性方面的示例性实施例。因此,前面所公开的具体实施例仅仅是说明性的,而不应当被视为对本发明作出限制,这是因为可以按照受益于本文中的教导的本领域技术人员所能想到的不同但是等效的方式对本发明进行修改和实践。相应地,前面的描述不意图把本发明限制到所阐述的具体形式,相反意图涵盖可以被包括在由所附权利要求限定的本发明的精神和范围内的各种替换方案、修改和等效方案,因此本领域技术人员应当理解的是,在不背离本发明的精神和范围的最广泛形式的情况下可以作出各种改变、替换和改动。

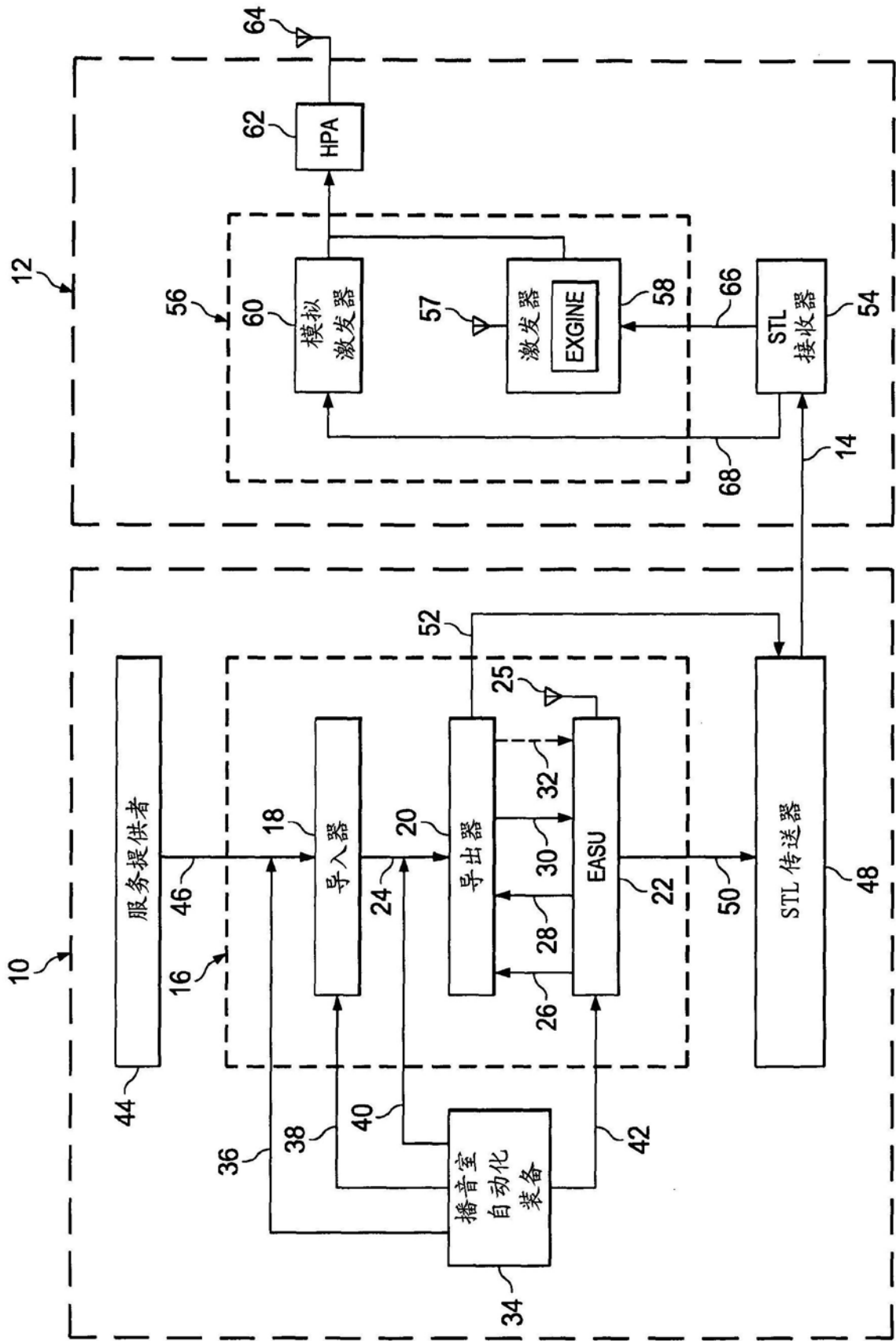


图1

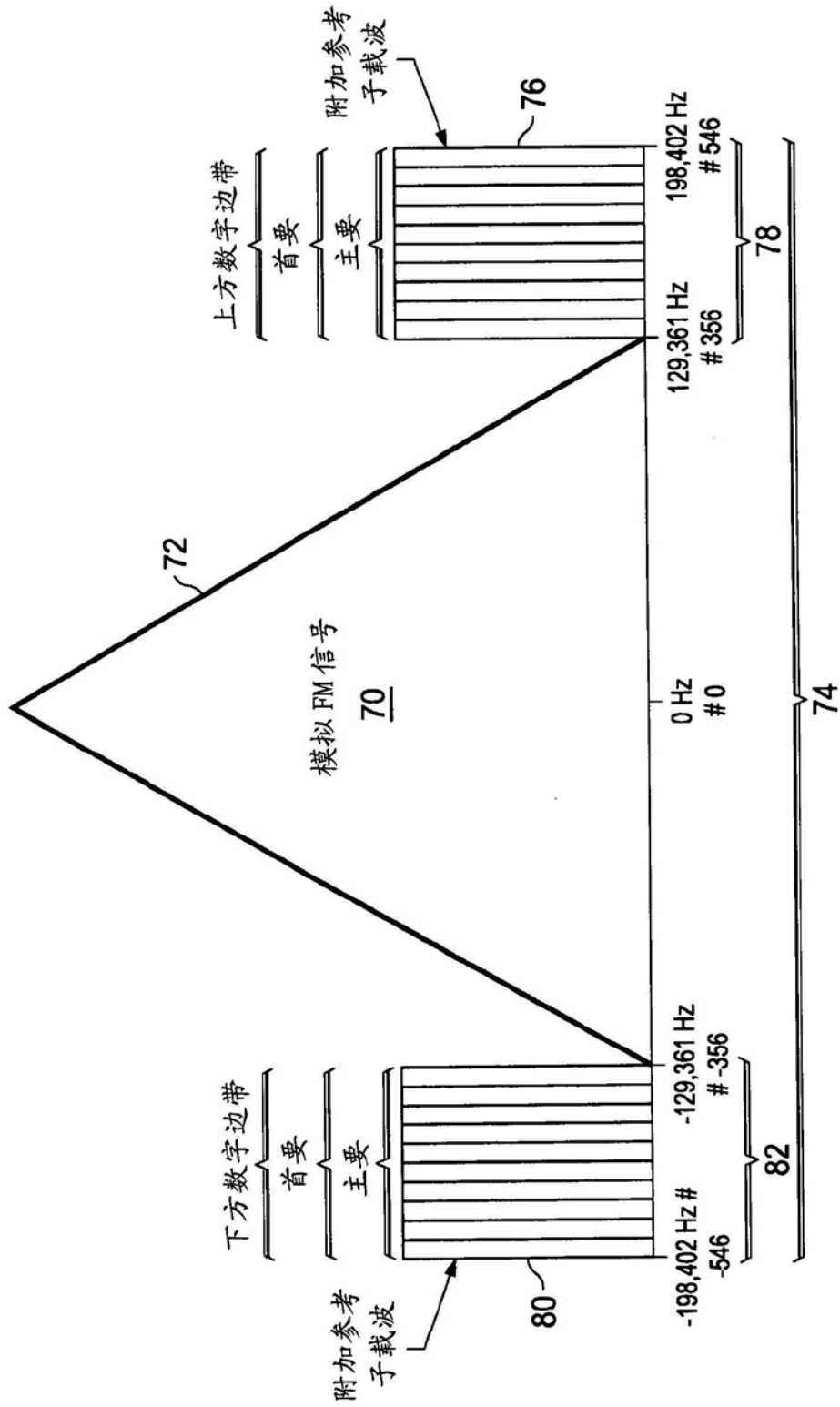


图2

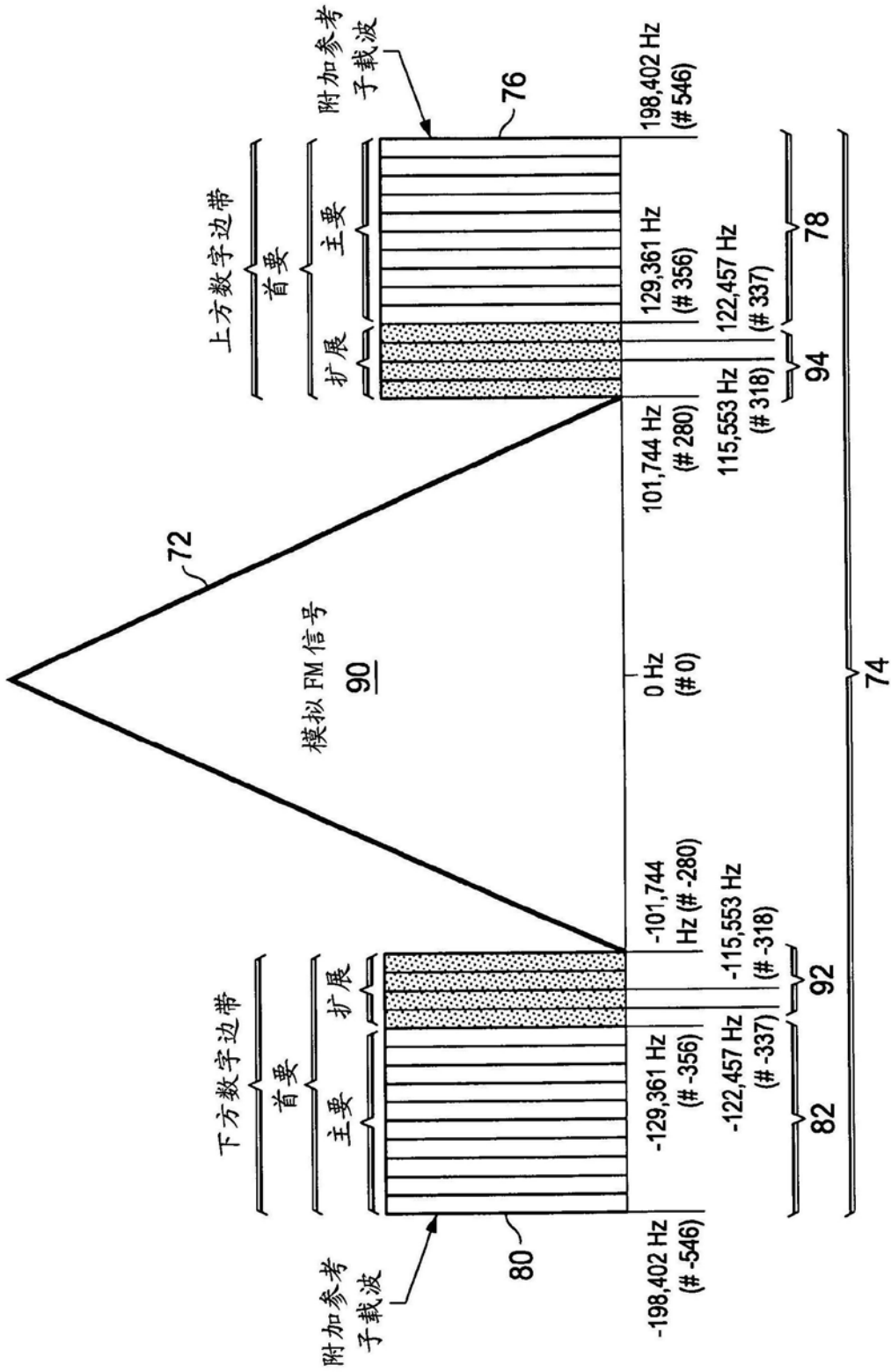


图3

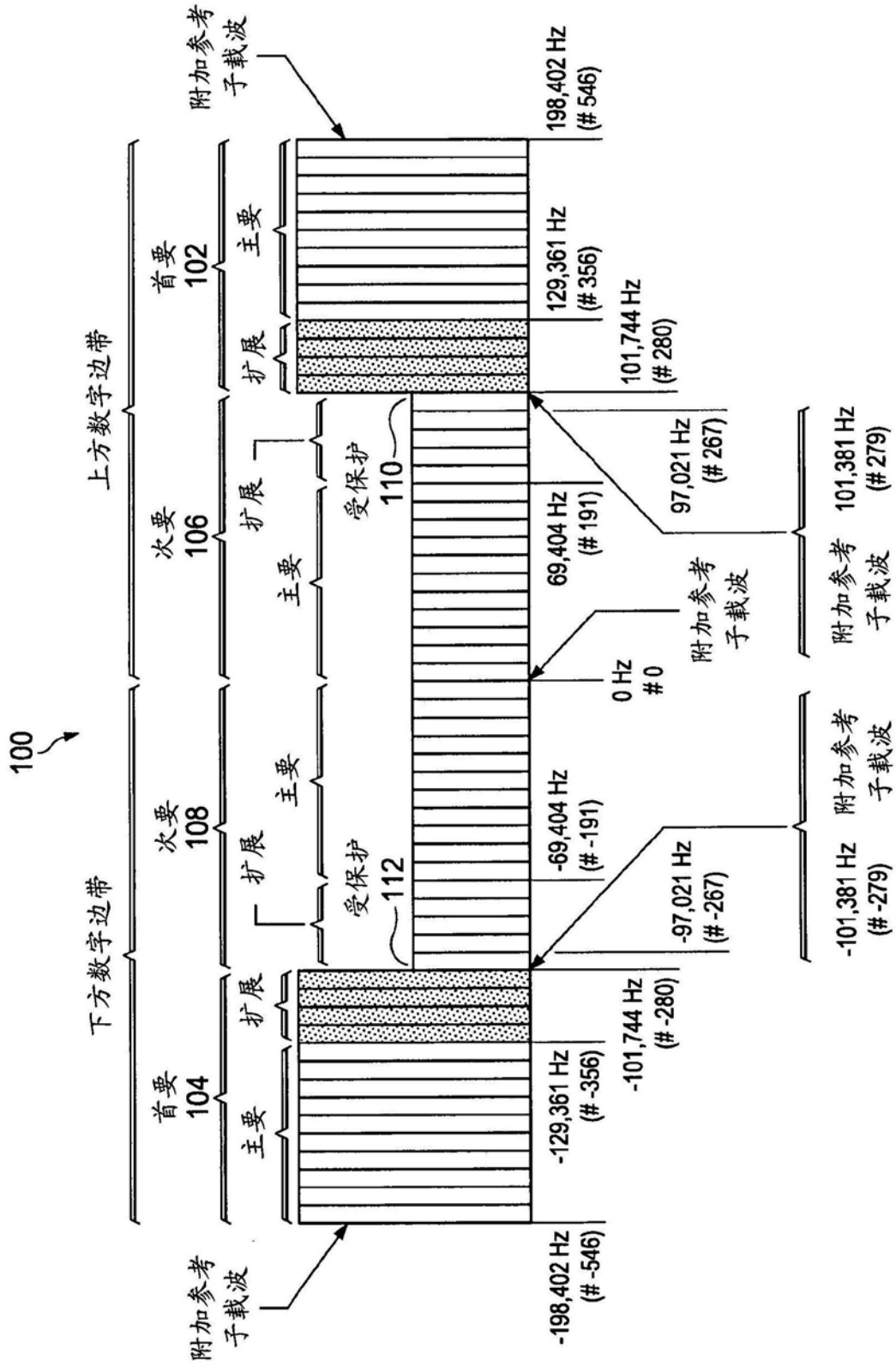


图4

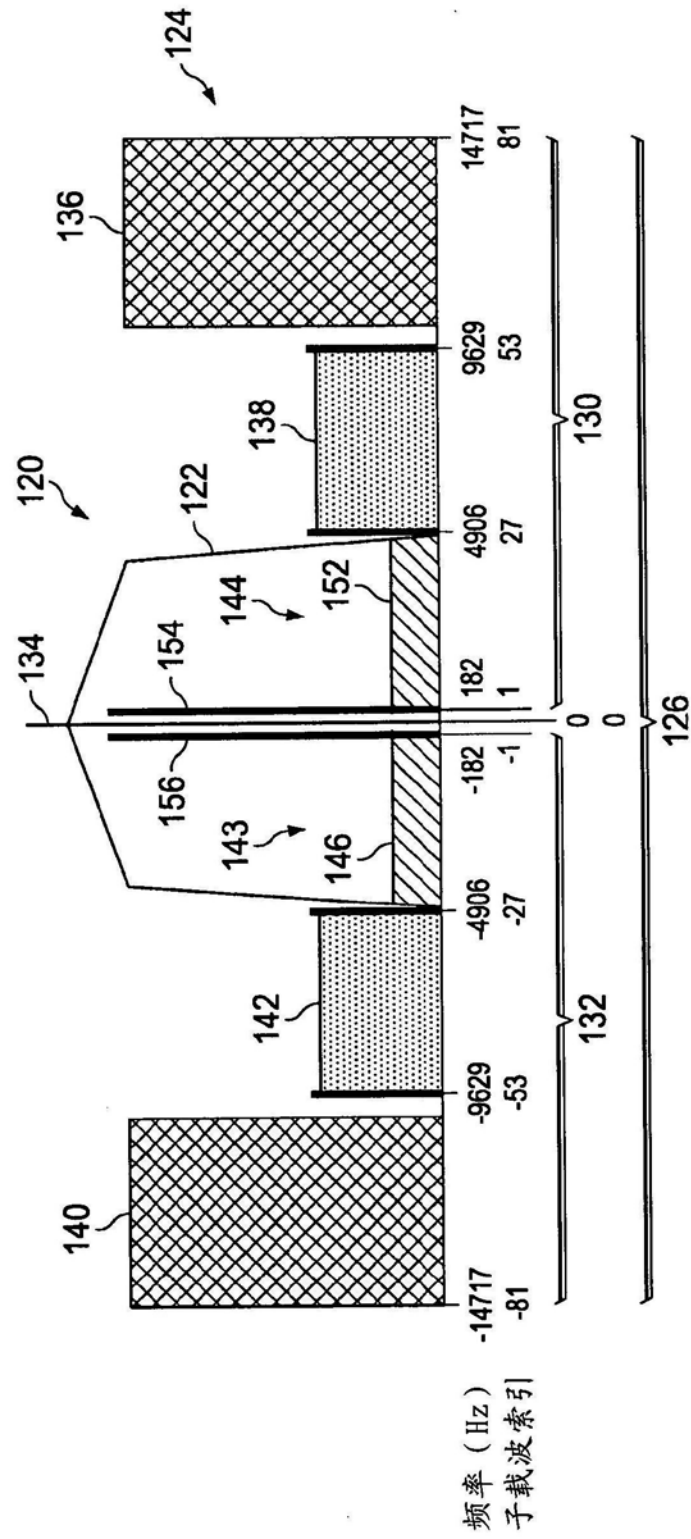


图5

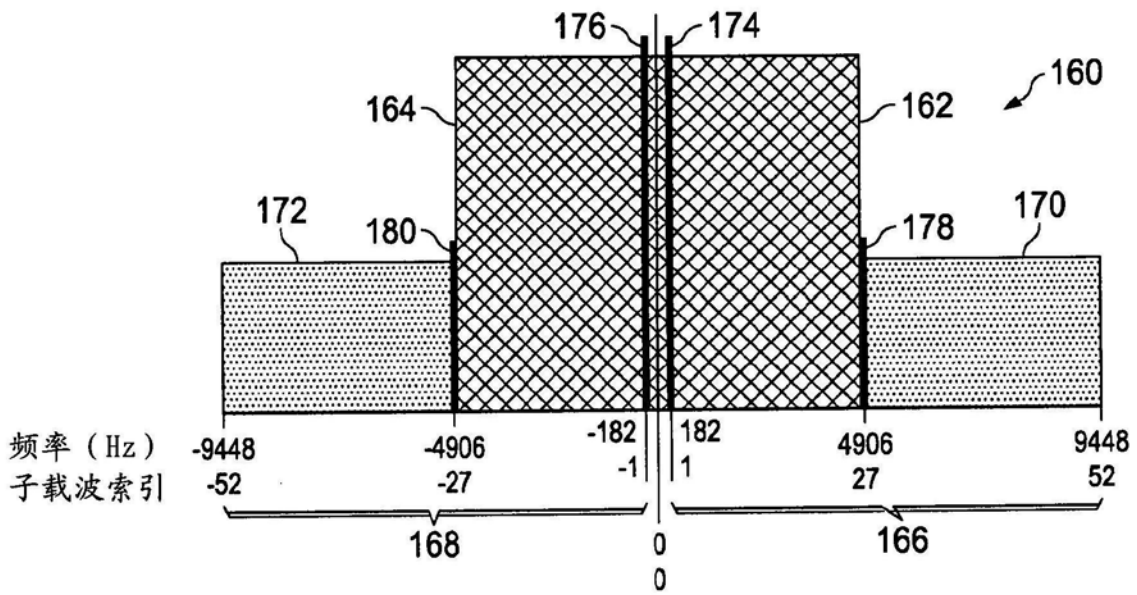


图6

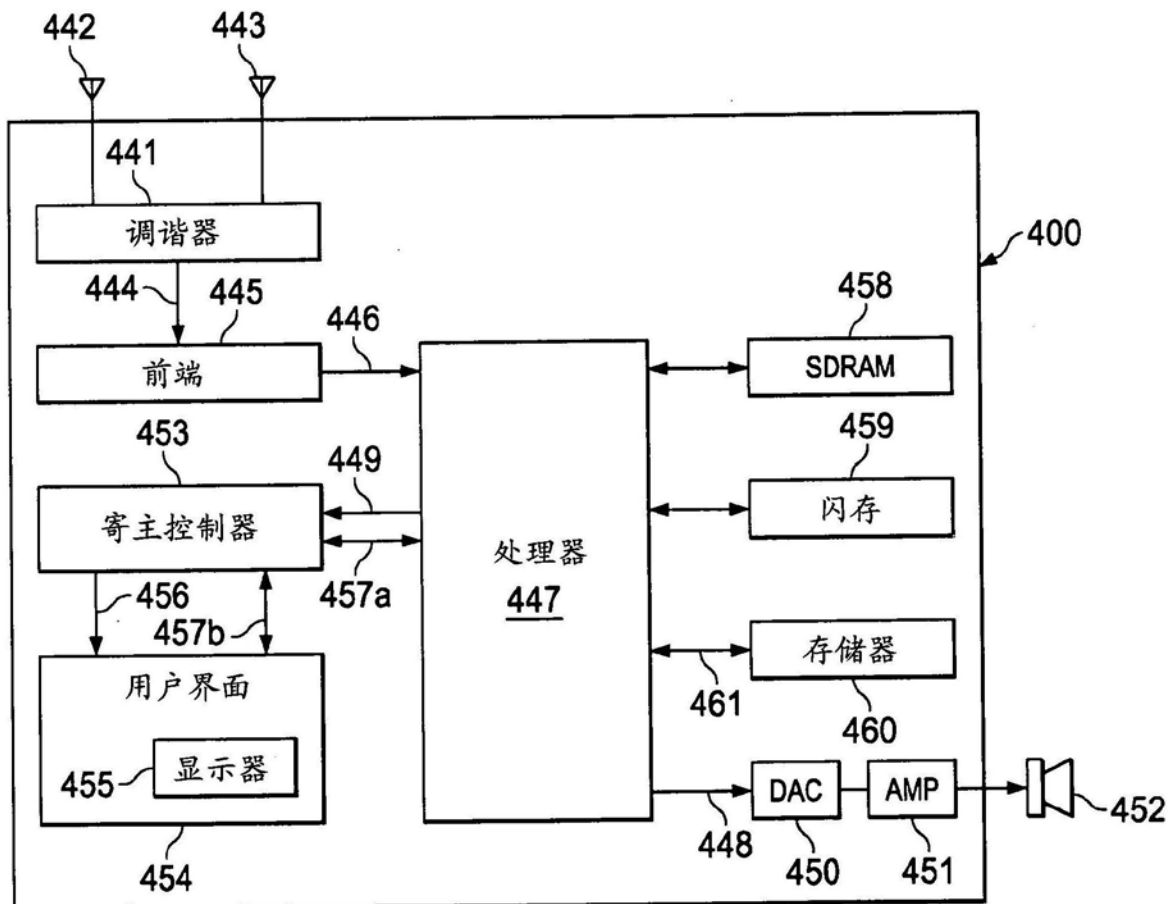


图8

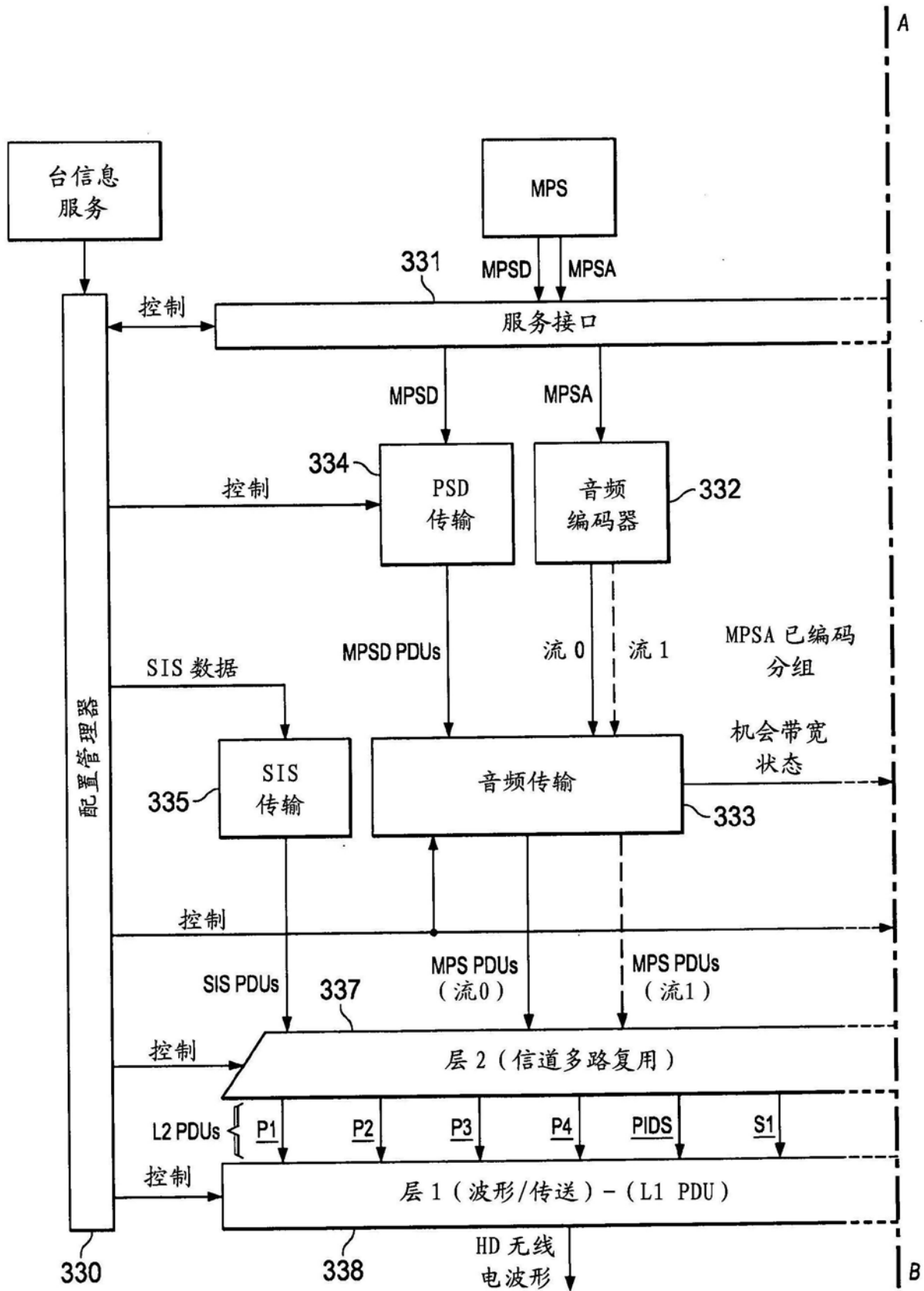


图7a

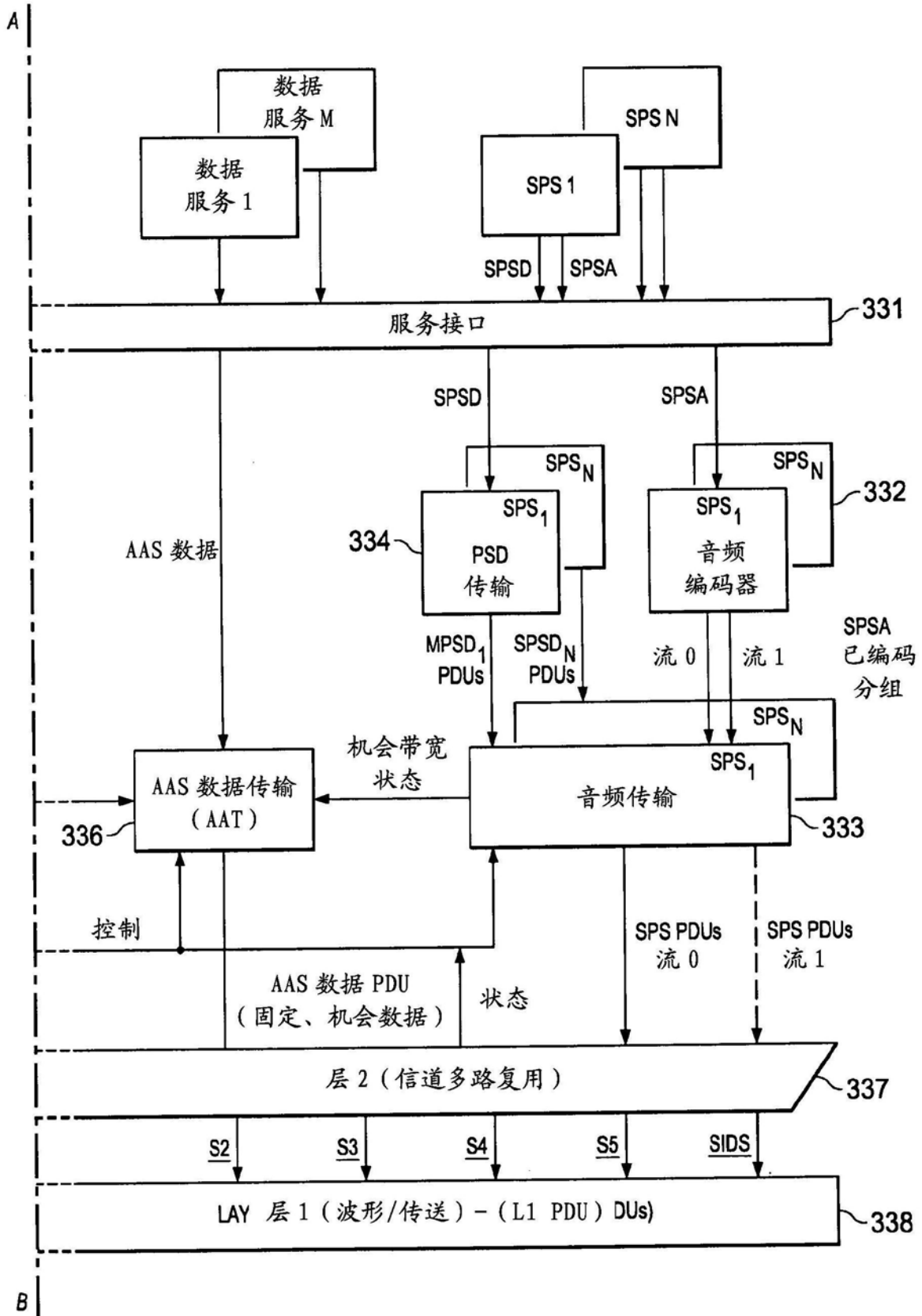
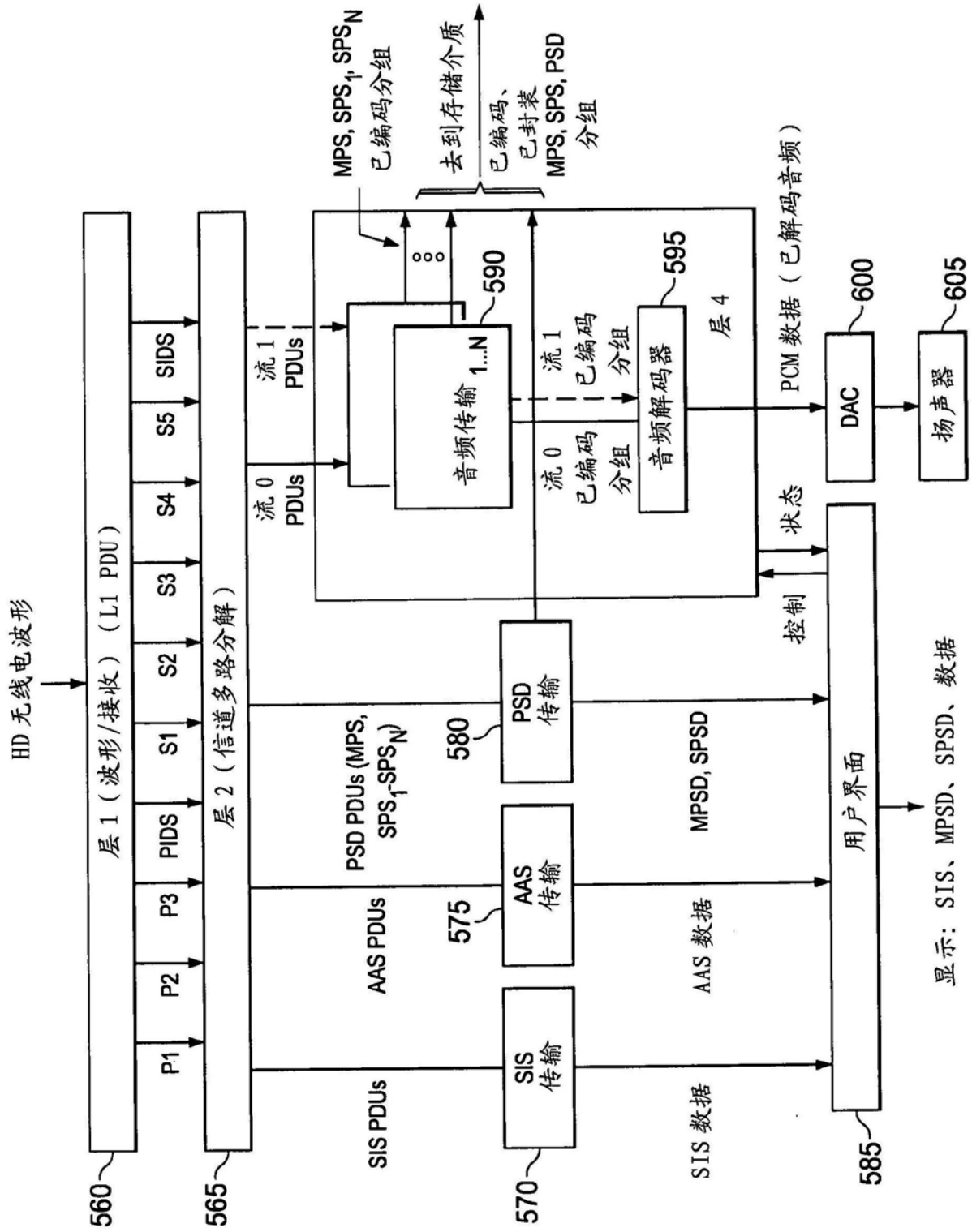


图7b



显示: SIS、MPSD、SPSD、数据

图9

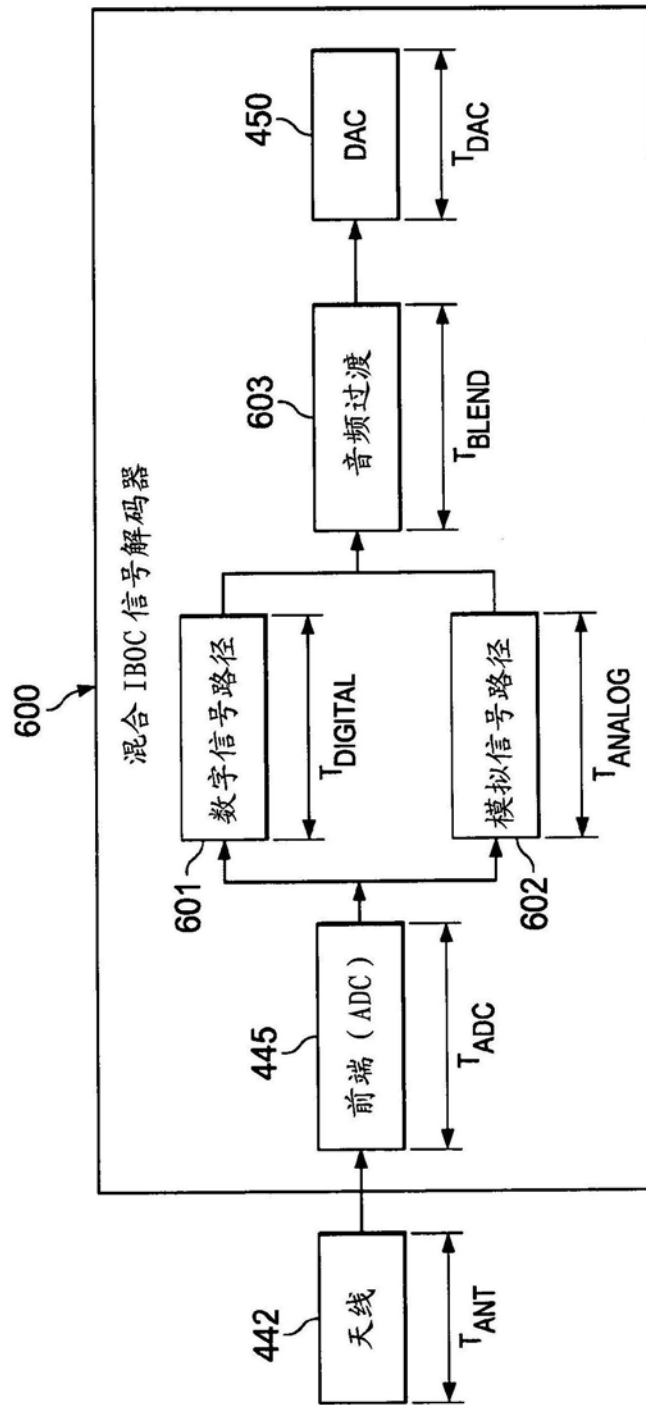


图10

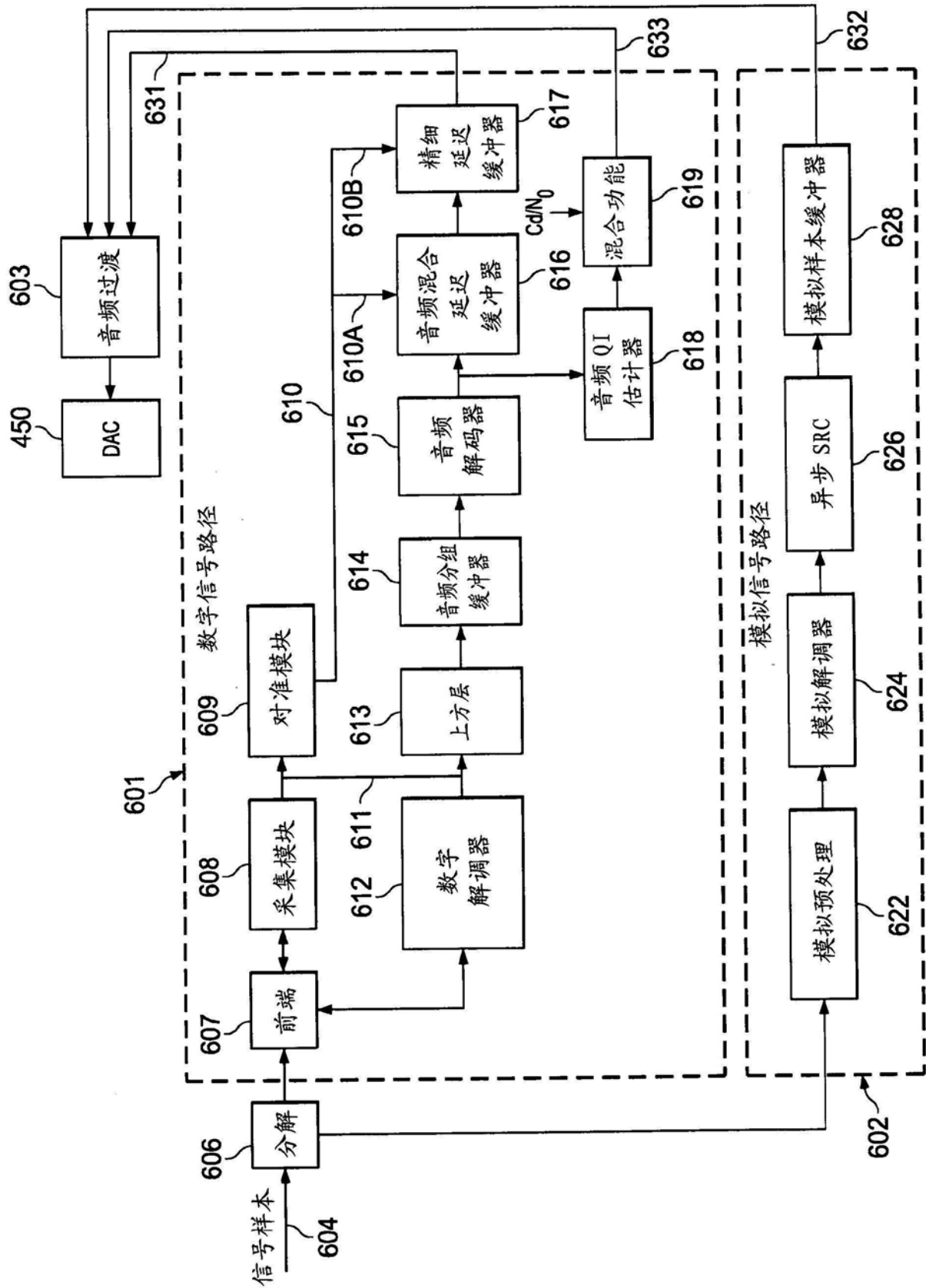


图11

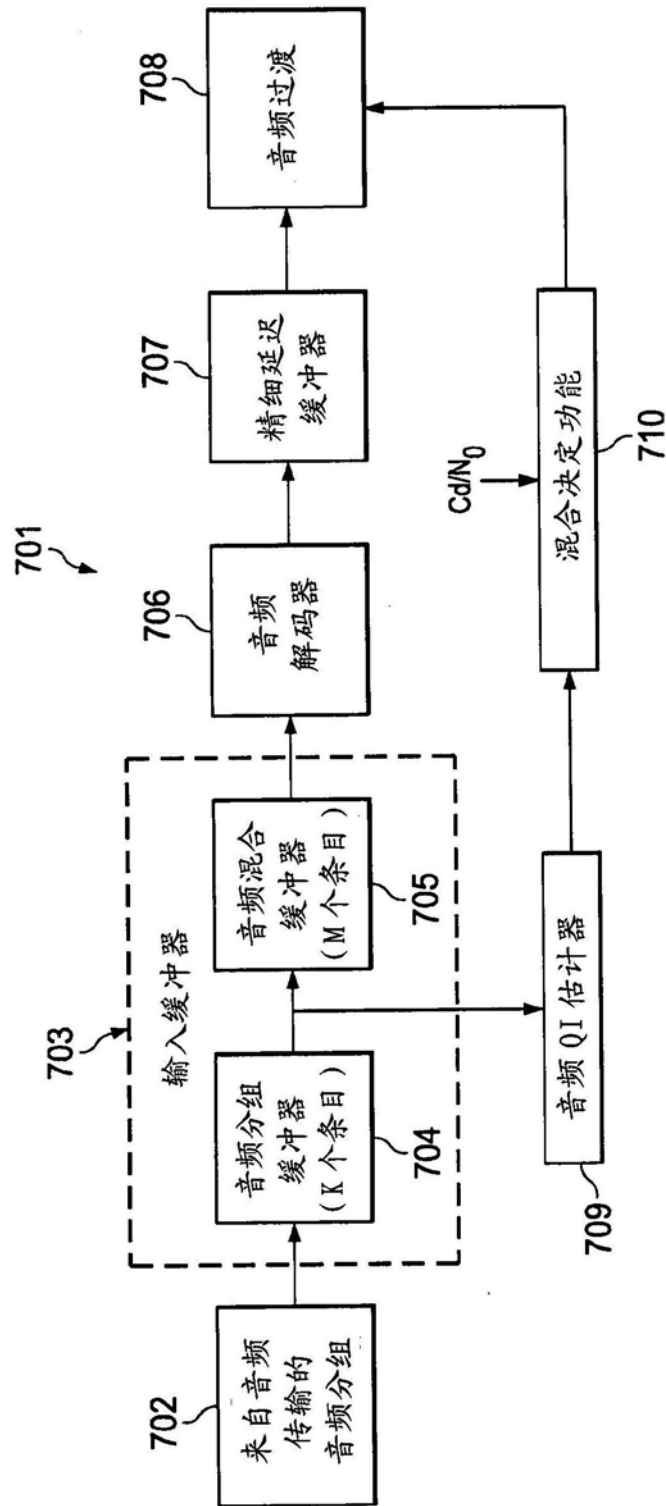


图12

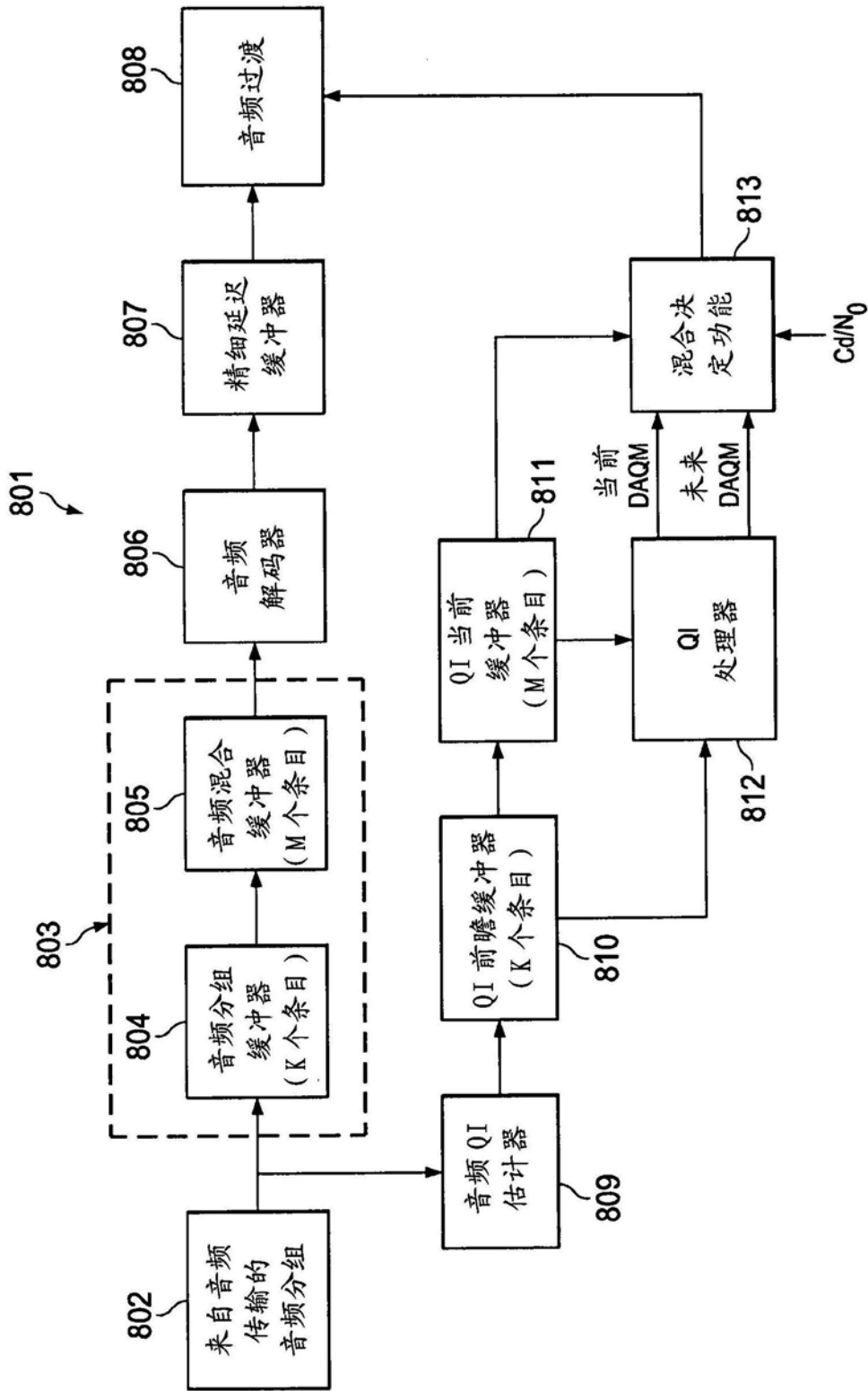


图13

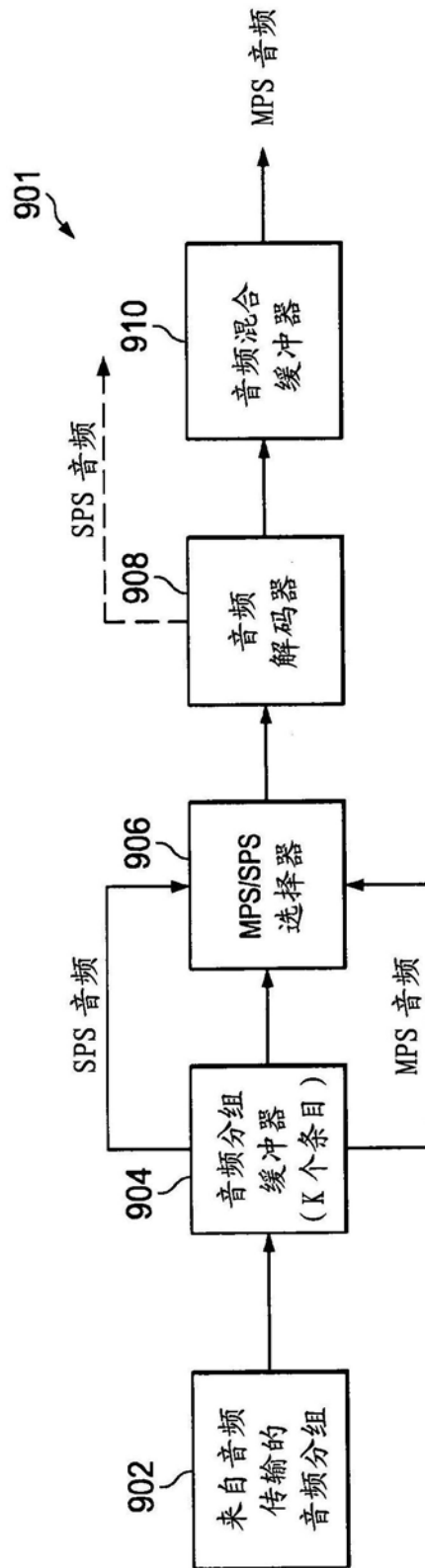


图14

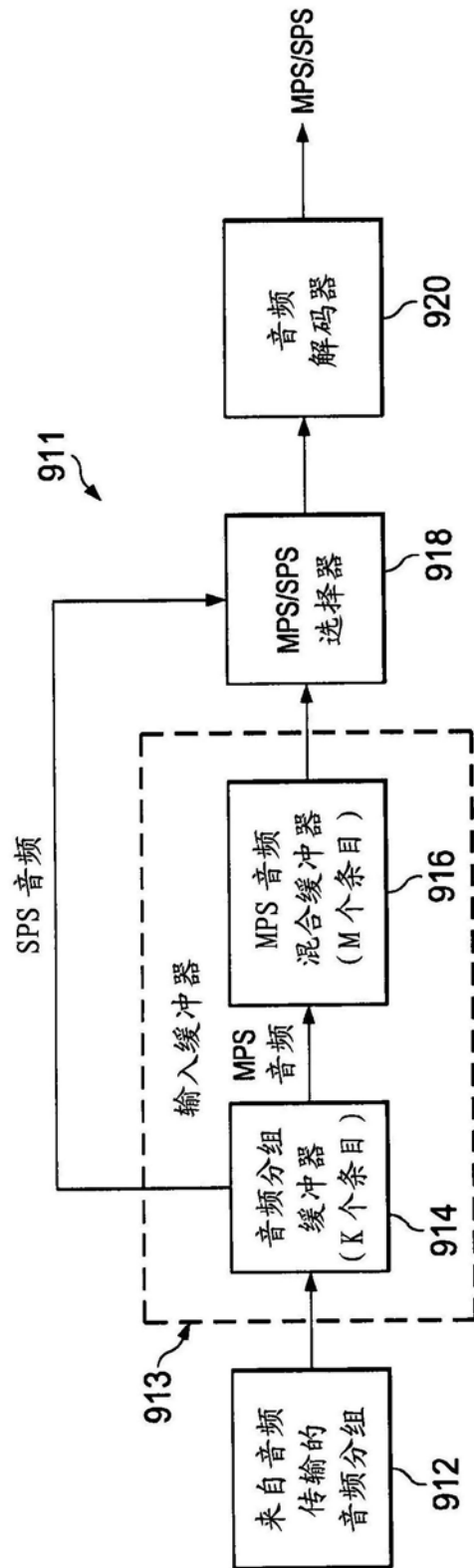


图15