[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl[7]
H04H 1/00

[12] 发明专利说明书

[21] ZL 专利号 95191998.9

[45] 授权公告日 2004 年 3 月 24 日

[11] 授权公告号 CN 1143463C

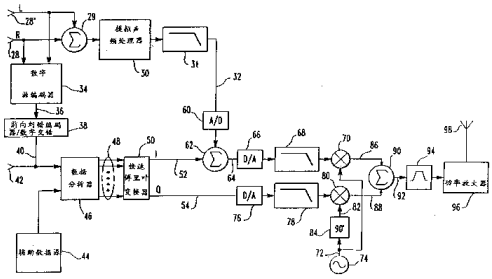
[22] 申请日 1995.2.27 [21] 申请号 95191998.9
[30] 优先权
[32] 1994. 3. 7 [33] US [31] 08/206,368
[86] 国际申请 PCT/US95/02408 1995.2.27
[87] 国际公布 WO95/24781 英 1995.9.14
[85] 进入国家阶段日期 1996.9.9
[71] 专利权人 艾比奎蒂数字公司
地址 美国纽约
[72] 发明人 马克·詹姆斯·达伯
米切尔·约瑟福·吉勒
巴里·瓦尔特·卡林
审查员 陈 源
[74] 专利代理机构 中国国际贸易促进委员会专利商标事务所
代理人 付建军

权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 4 页

[54] 发明名称 调幅和数字共存的广播方法及装置

[57] 摘要

在标准 AM 广播信道上同时发射模拟和数字信号的方法，发射一个具有第一频谱的包括一个由模拟信号调制的第一载波的调幅射频信号；同时发射一组数字载波信号，这些信号位于包括所述第一频谱的频段内。 每个数字调制载波均被数字信号的一部分所调制。 其中第一组数字调制载波信号位于第一频谱范围内，并与第一载波信号相正交。第二和第三组数字调制载波信号位于第一频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交。



ISSN1008-4274

1. 一种射频广播方法，所述方法包括以下步骤：

发射一个具有第一频谱的射频信号，该信号中包括一个由模拟信号调幅的第一载波；

同时发射多个数字调制载波信号，这些信号存在于包括第一频谱的频段之内，每个所述的数字调制载波信号均由数字节目信号的一部分调制所得，其中，第一组所述的数字调制载波信号覆盖了所述的第一频谱，并被调制成与第一载波信号相正交，第二和第三组所述数字调制载波信号的频率在所述第一频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交。

2. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中：

所述的数字调制载波信号之间由所分配信道间隔的一个分谐波按频率进行间隔。

3. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中：

在位于各相邻信道中心的数字调制载波信号位置上，没有发送能量。

4. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中：

在所述第一组所述数字调制载波信号中的数字调制载波信号的幅度小于未调制第一载波信号的幅度。

5. 根据权利要求 4 的射频广播方法，其中：

在所述第二和第三组所述数字调制载波信号中的数字调制载波信号的幅度小于未调制第一载波信号的幅度。

6. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中：

在所述的数字调制载波信号中，选出与所述第一载波频率最接近的所述数字调制载波信号，对其进行 BPSK 调制。

7. 根据权利要求 6 的射频广播方法，其中：

所述选出的所述数字调制载波信号做为所述数字载波信号中其它载波信号的参考电平。

8. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中所述的模拟信号和所述的数字信号是对同一节目内容的不同表示方式。

9. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中所述的第二和第三组所述数字载波信号为 32－QAM 调制。

10. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中所述数字调制载波信号，位于一个占用 40KHZ 带宽的第二频谱中。

11. 根据权利要求 1 的射频广播方法，其中所述数字调制载波信号频率的间隔是相等的。

12. 根据权利要求 11 的射频广播方法，其中所述数字调制载波信号之间由所分配信道间隔的一个分谐波按频率进行间隔。

13. 一种射频发射机，包括：

同时发射复合射频波的装置，其中复合波包括一个具有由模拟信号调幅的第一载波的第一信号，和一组数字调制载波信号，这些载波信号位于包括第一信号频谱的频段内，每种所述数字调制载波信号由数字信号的一部分数字调制所得，其中第一组所述的数字调制载波信号覆盖了第一信号频谱，并调制成与所述第一载波信号相正交，以及其中第二和第三组所述的数字调制载波信号的频率在所述的第一频谱之外，并均被调制成与第一载波信号同相和正交。

14. 一种射频接收机，包括：

同时接收复合射频波中模拟和数字部分的装置，其中在该复合射频中包括一个具有由模拟信号调幅的第一载波的第一信号，和多个数字调制载波信号，这些载波信号存在于包括第一信号频谱的频段内，这种所述的数字调制载波信号均经由数字信号的一部分数字调制所得，其中第一组所述数字调制载波信号覆盖了第一信号的频谱，并被调制成与第一载波信号相正交，以及其中第二和第三组所述的数字调制载波信号的频率在第一信号的频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交；

在所述第一调幅载波信号上检测所述模拟信号的装置；和

在所述数字调制载波上检测所述数字信号的信号。

15. 根据权利要求 14 的射频接收机，其中检测所述数字信号的所述装置中，使用所述第一载波信号的相位作为对所述数字调制载波解调时的参考相位。

16. 根据权利要求 14 的射频接收机，还包括：

用于从检测所述模拟信号的所述装置的同相信道中，分离所述模拟信号的滤波器。

调幅和数字共存的广播方法及装置

技术领域

本发明涉及无线广播，尤其涉及用于在同一所分配频道内发送数字调制信号和模拟调幅信号的方法和装置。

背景技术

能否通过发送数字编码的声频信号来提高声频保真度，已受到越来越多人的关注。已提出的一些建议包括：带外技术，该技术用专门指定的频段来发送数字广播信号；带内技术，该技术实现了在商用广播目前所使用的同一频道内或在现在频段的相邻频道的空闲时间段内，对射频信号的发送（在不同频道方式下采用的方案分别为同频道带内方案和填隙方案）。在这两种方案中，带内方案不需要额外的频率调整并只需相对较少地改变现有传输设备。当然，任何数字声频广播（DAB）技术都应该保证不损害传统的模拟接收电路的接收质量。

因为AM（调幅）信道的带宽很窄，所以数字声频广播的带内实施方案到目前为止，只能在FM波段（88MHz－108MHz）中使用。然而，在AM波段内（530KHz－1700KHz）使用数字声频广播将提高AM广播电台的竞争力，使它们可以与盒式磁带、压缩光盘等高质便携的声频设备相抗衡。因此，人们就希望把同频道带内方案应用到AM广播频率中，以通过数字信号来提高保真度，而又不损害现有AM接收机的接收质量。

发明内容

本发明的广播方法使用了一组复合波，它包括：一个调幅射频信号，在该调幅射频信号中包含一个经模拟广播信号调幅的第一载波；以及多个数字调制载波信号，这些信号存在于包括调幅射频信号频谱的频段之内，每个数字载波信号均由数字信号的一部分数字调制所得，其中，第一组数字调制载波信号覆盖了调幅射频信号的频谱，并被调制成与第一载波信号相正交，第二和第三组数字调制载波信号的频率在调幅射频信号的频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交。

本发明还包括一个射频发射机，它包括：发射复合射频信号的装置，该复合射频信号中包括一个调幅射频信号，在该调幅射频信号中包含经模拟信号调幅的第一载波，以及多个数字调制载波信号，这些信号存在于包括调幅射频信号频谱的频段内。每个数字载波信号均经由数字信号的一部分数字调制所得，其中，第一组数字调制载波信号覆盖了调幅射频信号的频谱，并被调制成与第一载波信号相正交，第二和第三组数字调制载波信号的频率在调幅射频信号的频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交。

发射根据本发明的信号的发射机，采用了一种调制电信号的方法，该方法包括以下步骤：在第一频段内提供一个调幅信号；在第一频段内提供第一组正交调幅载波；在第二、第三频段内提供第二和第三组正交调幅载波，第二和第三频段分别包括高于和低于第一频段频率的频率。

本发明还包括一个射频接收机，它包括：接收复合射频波中模拟和数字部分的装置；在该复合射频波中包括第一信号，在该信号中包含经模拟信号调幅的第一载波，以及多个数字调制载波信号，这些信号存在于包括调幅射频信号频谱的频段内，每种数字载波信号均经数字信号的一部分数字调制所得，其中，第一组数字调制载波信号覆盖了调幅射频信号的频谱，并被调制成与第一载波信号相正交，第二和第三组数字调制载波信号的频率在调幅射频信号的频谱之外，并均与第一载波信号同相和正交；检测第一载波上模拟信号的装置；检测数字调制载波上数字信号的装置。

本发明提供了一种同频道带内发射方法，通过该方法可以在现有的 AM 广播频道内发射声音节目的数字编码和其它数字数据，而不会对 AM 模拟接收机造成不利影响，并且只需相对少量地对目前的 AM 传输设备进行变动，本发明包含与这种发射方法相适应的发射机和接收机。

附图说明

通过参照附图，本领域的技术人员将能更清楚地理解本发明，图示包括：

图 1 是一个具有根据本发明定位的载波的模拟 AM 信号和数字广播信号的复合信号的频谱图示；

图 2 是根据本发明制造的发射机结构的框图；

图 3 是图 2 所示发射机所用的数据分析器框图;

图 4 是根据本发明的接收机结构的框图。

具体实施方式

本发明提供了一种在目前模拟 AM 广播所使用的频道上同时发送一个模拟调幅信号和数字信号的方法。当这一技术应用于 AM 无线广播时，这种无线广播可以在其目前所分配的频段上，并在同一载波频率上得以实现。在发送模拟 AM 信号的信道内同时发送数字信号的技术称为同频道带内技术（IBOC）。为了满足避免相互干扰的需要，必须对位于模拟 AM 频谱下方的数字波进行限制。本文所述的广播方法通过采用多个载波来传送数字波的方式来得以实现，一些载波被调制成与模拟 AM 信号相正交，并位于标准 AM 广播信号能量集中所在的同一频谱区域内，其余的数字载波被调制成与模拟 AM 信号同相和正交，并与模拟 AM 信号位于同一信道，但却分布在模拟 AM 信号能量较弱的频谱区域。有许多种方法可以产生正交信号，本发明不包含产生正交信号的具体方法。在美国，AM 广播电台的信号发送要符合联邦通信委员会（FCC）的一些规定，以下即为 FCC 所定义的信号电平屏蔽（level mask）规定：从模拟载波上所辐射的 10.2KHz~20KHz 的信号，必须被衰减到低于未调制模拟载波电平至少 25 分贝，从模拟载波上辐射的 20KHz~30KHz 的信号，必须被衰减到低于未调制模制载波电平至少 35 分贝，从载波上所分离的 30KHz ~ 60 KHz 的信号，必须被衰减到低于未制减模拟载波电平至少（5 + 1dB/ KHz）。

图 1 展示了一个具有根据本发明定位的载波的 AM 数字声频广播信号的频谱。曲线 10 代表了标准广播调幅载波信号，其中载波的频率为 f_0。FCC 的发射屏蔽规定如标号 12 所示。信源编码的一些新进展，例如德国 Institut Fur Rund funkfechnik MUSICAM（适于屏蔽图形的子带编码和复用）算法表明，在 9.6 千比特每秒（kbps）的低速率下发送数字信号，可以提高立体声广播的声音质量。支持这一速率的波形可以通过应用带宽有效调制技术，插入到目前分配给 AM 电台的 FCC 辐射屏蔽中。

本发明中的数字调制载波由正交频率分割复用（OFDM）产生。这种方式使这些载波的频谱可以相互重叠而不需要任何干扰防护频带，进而优化频谱的应用。然而，可以在时域内采用防护间隔

以补偿信号定时的抖动。OFDM调制技术对于成功地实现DAB尤其有益，因为在AM频段中带宽是一种极宝贵的资源。除此之外，OFDM 的另一好处是不需要对发射机或接收机中的载波信号进行滤波隔离，因为OFDM的正交特性使它们之间的干扰达到了最小。

OFDM波由一系列间隔为500 Hz的数据载波组成。这样既增强了频谱容量，并保证AM DAB波在遵守FCC辐射屏蔽规定的前提下，尽可能地接近屏蔽极限。将方案的另一特性是可以在可能产生强干扰的地区，例如，靠近干扰信号载波频率的地区，特定地提高信号功率，这种策略保证信号能量可以尽可能合理地分配并借此扩大AM DAB的覆盖区域。

在本发明中，模拟和数字DAB的复合波包括多个完全符合FCC辐射屏蔽的调制载波。在本发明的选实施例方案中，使用了间隔为 500Hz的76个载波来携带数字信息。第一组的34个数字调制载波位于 $f_0 - 17f_1$ 到 $f_0 + 17f_1$ 的频率范围内，如图1中框14所示。大部分信号比未调制的AM载波信号低30 ~ 40分贝，以减少与模拟AM信号的串音。通过对数字信息与模拟AM波正交的方式进行编码，可以进一步降低串者。这种编码方式叫做互补编码（例如互补 BPSK，互补 QPSK，或互补32QAM）。位于最内侧的 $f_0 \pm f_1$ 频率处的数字载波采用互补BPSK方式调制，以利于通过科斯环进行定时恢复。这些载波的电平被设置在一25dBc。第一组中位于 $f_0 - 10f_1 \sim f_0 - 2f_1$，和 $f_0 + 2f_1 \sim f_0 + 10f_1$ 频段间的18个载波用互补QPSK调制，其电平为 - 39.7dBc，第一组载波中的最后14个位于 $f_0 - 17f_1 \sim f_0 - 11f_1$ 和 $f_0 + 11f_1 \sim f_0 + 17f_1$，这些载波使用互补32QAM调制，其电平为 - 30dBc。

其它组正交调幅数字信号位于第一组的频段之外。通过对模拟AM信号带宽的限制，消除了对数字波形必须与模拟信号相正交的要求。因为模拟AM接收机中广泛使用的陶瓷IF滤波器通常将声频响应限制在3.5 KHz之内，所以上述对模拟信号带宽的限制并不是非份的要求。第二组中的全部载波，如图1中框16、18所示，均使用32QAM调制，位于 $f_0 - 19f_1$, $f_0 - 18f_1$, $f_0 + 18f_1$ 和 $f_0 + 19f_1$ 频段的载波电平为 - 28dBc，位于 $f_0 - 39f_1 \sim f_0 - 34f_1$, $f_0 - 21f_1$, $f_0 + 21f_1$, $f_0 + 34f_1 \sim f_0 + 39f_1$ 频段处的载波电平为 -

31dBc。其余位于 f_0-33f_1 ~ f_0-22f_1 和 f_0+22f_1~f_0+33f_1 处的载波电平为－32dBc。

OFDM 载波之间间隔 f_1=500 Hz，但是，因为使用了时域防护带，每个载波的码率 fr=128 · 500/132 码元每秒。采用互补 BPSK 编码调制的一对载波的每个码元由一比特构成，所以其比特率即为 fr。9 对采用互补 QPSK 编码调制的载波中，每码元由 2 比特构成，其比特率为 18fr。7 对采用 32QAM 进行调制的载波，每码元由 5 比特组成，比特率为 35fr。42 个单独的 32QAM 调制载波，每码元由 5 比特构成，其比特率为 210fr。OFDM 载波总速率为 264fr 或 128K 比特每秒。

整个复合 AM DAB 信号的占用带宽，到数字波形最外端的第一个空位为止，共为 40 KHz。这种频谱落到了 FCC 辐射屏蔽中心 40 KHz 部分之内，因为 OFDM 旁瓣间隔只有 f_1 = 500 Hz，所以扩散到 f_0 ± 20 KHz 频率之外的 OFDM 旁瓣，无需任何额外的滤波，即可落到辐射屏蔽低于－35dBc 的部分。

在 ± $20f_1$ 和 ± $40f_1$ 处有空闲的 OFDM 时隙。因为主要的 AM 信号分量出现在载波频率处，所以这进一步阻止了第一和第二相邻频道的干扰。同样地，AM DAB 增谱实际在 f_0 ± 20 KHz 以外的部分实际上也并未被占用，从而在一定程度了提供了对第二相邻信道干扰的保护。

图 2 是根据本发明制造的发射机结构的框图。一个将被发送的模拟节目信号（在本例中包括右侧和左侧立体声部分）被施加到输入端 28 和 28'，左右信道在加法器 29 处合并，然后通过一个模频处理器，将模拟 AM 信号的调制由 30 % 提高到 85 %，这就相当大地扩展了信号覆盖区域。这种处理器在世界各地的模拟 AM 广播电台中都很常见。信号接着通过一个具有尖锐截止特性的低通滤波器，在线 32 上产生一个经过滤的单声道模拟信号。比如说，滤波器 31 可以具有 6 KHz 的截止频率并对 6.5 KHz 以上部分进行 40dB 衰减。

在同时利用发送信号的模拟部分和数字部分来传送同一节目时，数字源编码器 34，它可能遵从 ISO MPEG2A 层协议，将右侧和左侧模拟

信号转变为一个 96kbps 的接合立体声数字信号，在线 36 上传送。前向纠错编码器和一个数字交错器电路 38 提高了经过具有噪声和干扰的信道之后的数据的完整性，在线 40 上生成了 128kbps 的数字信号。对于所传输的数字信号不是由模拟节目信号转变而来的情形，提供了数据端口 42 来接收数字信号。当模拟信号的数字形式，或输入端口 42 的数字信号需要包括一些额外数据时，辅助数据源 44 可用来满足这一要求。

数据分析器 46 接收数字数据，并在线 48 上生成多个输出。经过数据分析器 46 之后，线对 48 上的信号构成了复杂的系数，这些系数接着进入方框 50 所示的快速傅里所变换器中， 分别在线 52 和线 54 上生成数字信号的基带同相分量 I 和正交分量 Q，经过处理的基带模拟 AM 信号模/数变换器 60 后转变为数字信号，然后与数字 DAB 波形的同相部分在加法器 62 处合并，生成线 64 上的复合信号。线 64 上的复合信号经过一个数/模转换器 66 变为模拟信号，经低通滤波器 68 进行滤波，然后传送到混合器 70，与一个由本地振荡器 74 生成的、位于线 72 上的无线频率信号相结合。线 54 上的正交信号由数/模变换器 76 转化为模拟信号，并经低通滤波器 78 进行滤波，经滤波后的信号在第二混合器 80 处与线 82 上的信号相结合。线 72 上的信号如方框 84 所示被移相，产生线 82 上的信号。混合器 70 和 80 的输出经线 86 和线 88 传送到加法器 90，生成了线 92 上的复合波。最后的乱真混合产物由带送滤波器 94 进行静噪处理，所生成的 DAB 信号接着由功率放大器 96 进行放大，以传送到发送天线 98 处。

图 3 是图 2 中 46 所示的数据分析器的框图。数据分析器包括一个串并变换器 100，该变换器接收串行数字信号，如图中输入线 40 所示，并且在多组线上生成多个输出数字信号，如图中线组 102 和 104 所示。每组线输送到一个 QAM 编码器，例如编码器 106 和 108，生成同相输出信号 I 和正交输出信号 Q。譬如，在实际应用中可以使每组具有 5 根线，使用 76 个 QAM 编码器。而且，一些 QAM 编码器可使用 BPSK 或 QPSK。

图 5 是接收根据本发明播送的模拟和数字广播信号的接收机的结构框图。天线 110 接收包含数字信号和模拟信号在内的复合波，并将该信

号输送到常规输入级 112，该输入级可能包括一个射频预选器，一个放大器，一个混合器和一个本地振荡器。输入级生成一个中频信号送到线 114 上。该中频信号经自动增益控制电路 116 后，到达 I/Q 信号生成器 118。I/Q 信号生成器在线 120 上和线 122 上分别生成一个同相信号和一个正交信号。线 120 上的同相频道的输出被输入到一个模/数变换器 124 中。同时，线 122 上的正交频道输出被输入到另一个模/数变换器 126 中。线 128 和线 130 线的反馈信号被分别输入到数/模变换器 132 和 134 中，数/模变换器在线 136 和线 138 上的输出做为对自动增益控制电路 116 的控制信号。线 120 上的信号包括模拟 AM 信号，该信号由方框 140 所示被分离出，并传送到输出级 142，进而连接到扬声器 144 上或其它输出设备上。

带阻滤波器 146 过滤线 128 上的同相分量，以消除模拟 AM 信号并在线 148 上提供一种经滤波的信号。快速傅里叶变换电路 150 接收线 148 和线 152 上的数字信号。并在线组 154 上生成输出信号。这些输出信号经过一个均衡器 156 和一个数据率滤波器和数据解码器 158。数据解码器的输出被传送到一个去交错器和前向纠错解码电路 164 中，以提高数据的完整性。去交错器/前向纠错电路的输出被传送到源解码器 166 中，以生成线 162 上的信号，该信号被送到输出级 142 中。

本发明中使用一种 AM DAB 波形，它使把现有 AM 无线电台变为 DAB 时所必须的变化程度变到最小，因为其带宽在 FCC 所规定的 AM 传输辐射屏蔽的范围之内。因此，广播电台可以继续应用他们现有的发射天线。但他们现有的馈送网络则必须更新，因为信道的群延迟变化必须保持合理的恒定，以使数据信号符号间的干扰最少，但这种考虑比模拟 AM 信号传输时的考虑要不严格的多。但是只要功率放大器在恰当的线性模式下运行，现有的 AM 发射机估计是可以保留。主要的硬件改变将是以一个 AM DAB 激励器代替低电平载波输入。这一模块既产生 AM DAB 调制的数字部分又产生其模拟部分，因此发射机主要用来做为一个线性放大器。

尽管上述发明是参照 AM 数字声频广播系统来描述，但是它应

被看做一种可以在任何同时传送模拟与数字信号的系统中应用的技术。而且，还应明确由数字信号所发送的信息可以和模拟调幅信号发送的信息不同。因此本发明的方法可以与调幅信号相结合发送各种数据，例如交通或天气信息，视频信号或军事通信信号，这种发明潜在的应用领域还包括调幅军事通信和视频信息是调幅的形式的电视信号中。

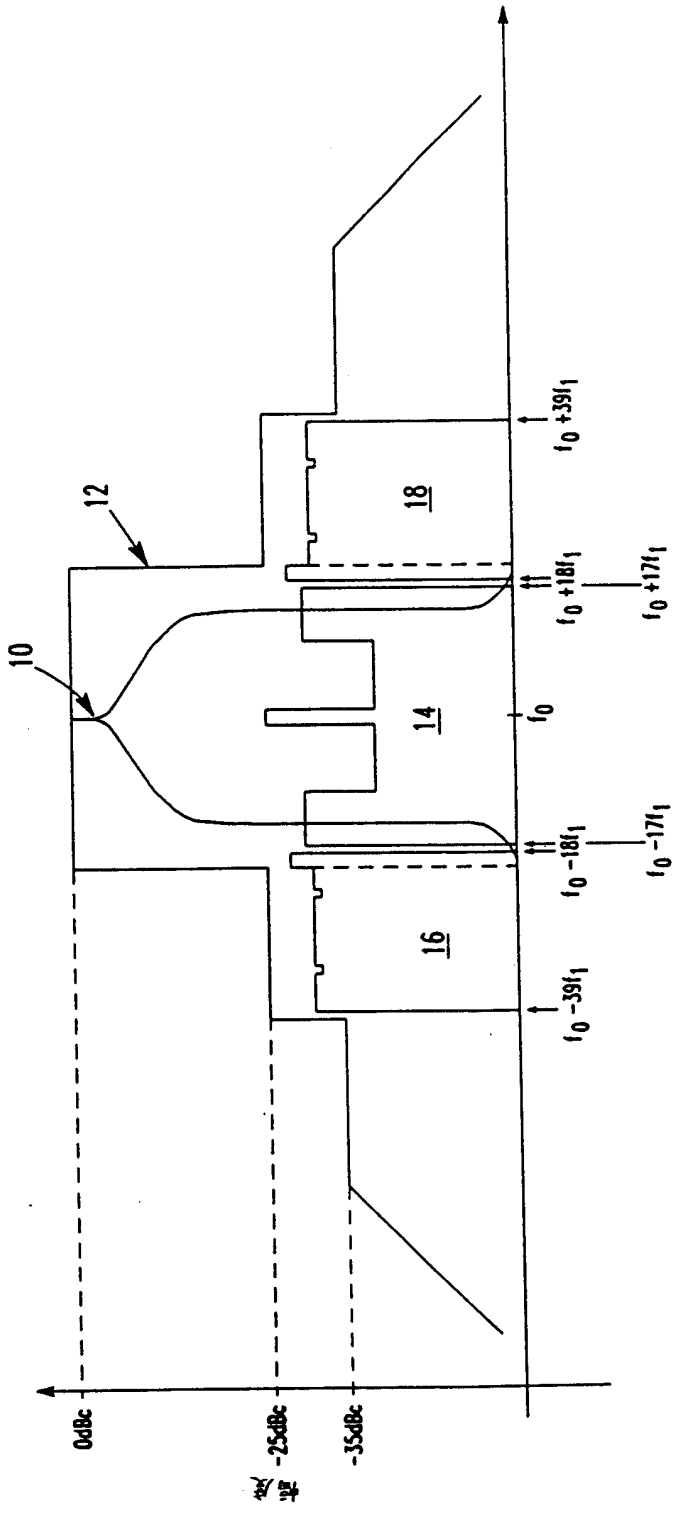

12
10
18
14
16
f_0+3f_1
f_0+18f_1
f_0+17f_1
f_0
f_0-18f_1
f_0-17f_1
f_0-3f_1
0dBc
-25dBc
-35dBc
幅度

图 1

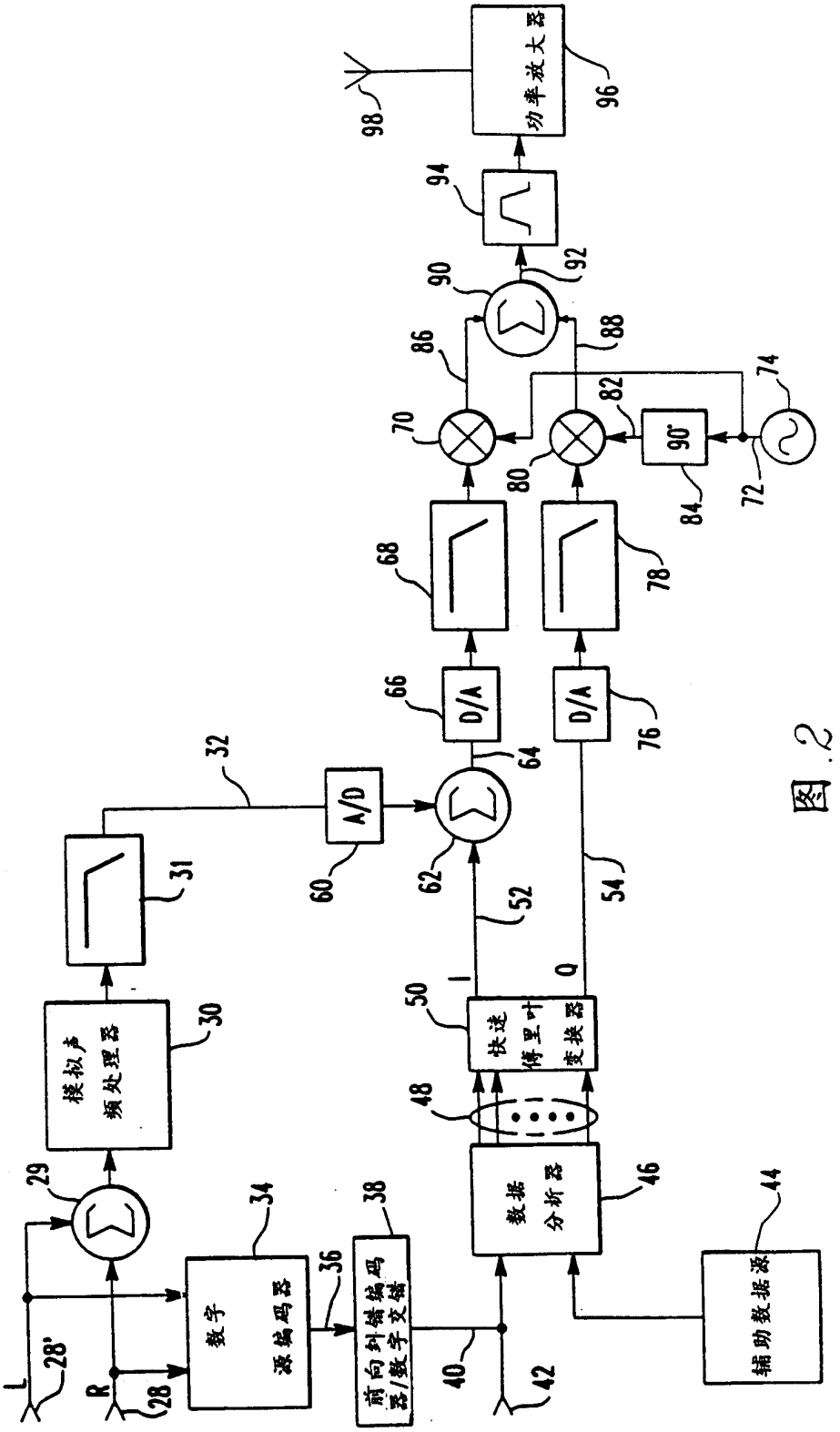

L
R
28'
28
29
模拟声频处理器
30
31
32
数字源编码器
34
36
前向纠错编码器/数字交错
38
40
42
数据分析器
46
48
辅助数据源
44
快速傅里叶变换器
50
I
Q
52
54
A/D
60
62
D/A
66
64
D/A
76
68
78
70
80
82
90°
84
74
72
90
86
88
92
94
功率放大器
96
98

图 2

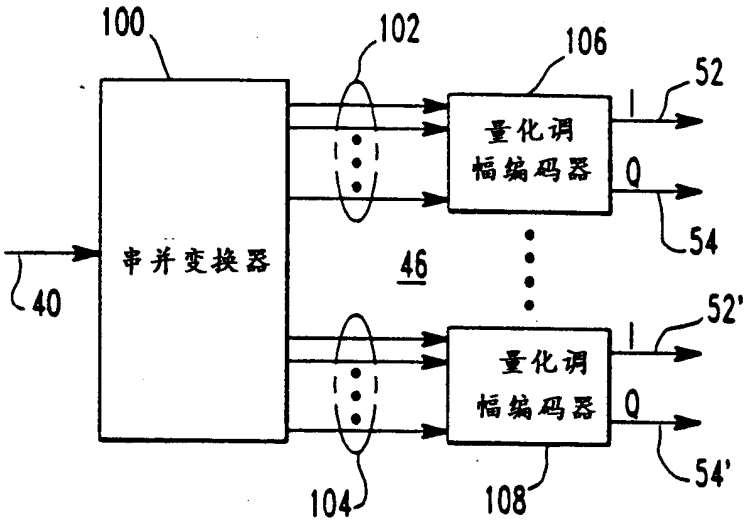

100
102
106
52
量化调
幅编码器
I
Q
54
串并变换器
40
46
52'
量化调
幅编码器
I
Q
54'
104
108

图 3

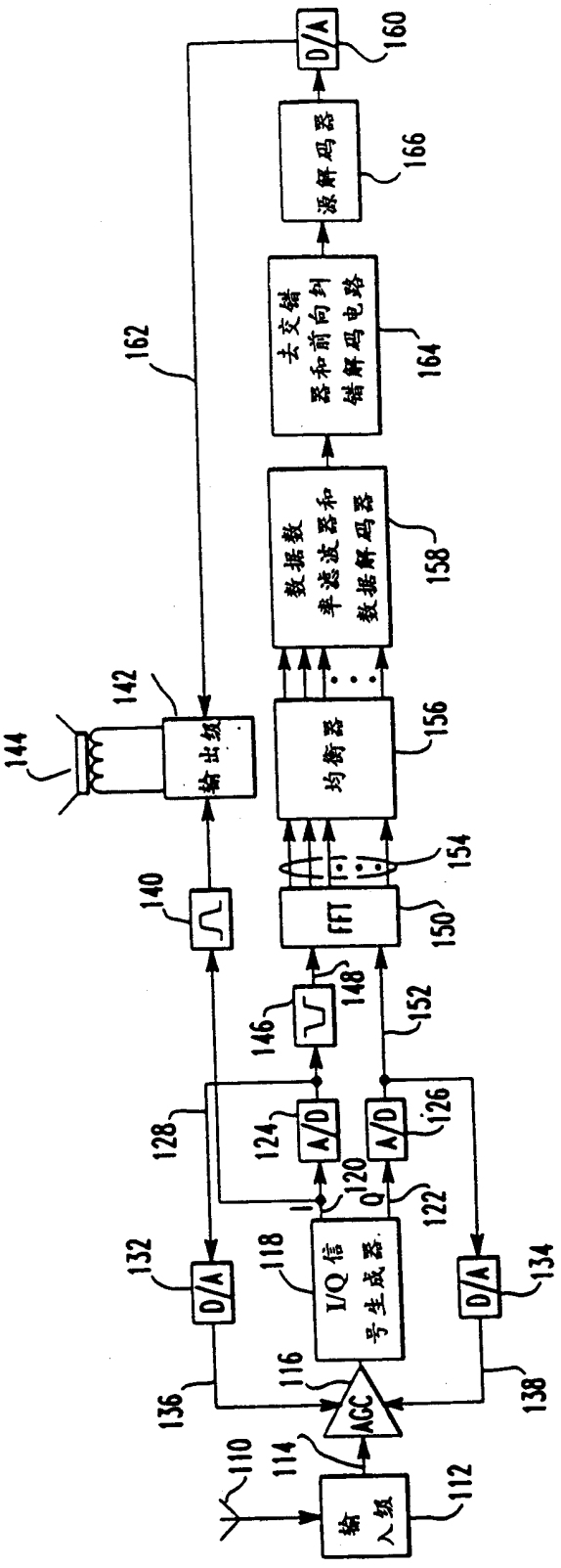

输入级
AGC
I/Q信号生成器
D/A
A/D
FFT
均衡器
数据数率滤波器和数据解码器
去交错器和前向纠错解码电路
源解码器
输出级
110
112
114
116
118
120
122
124
126
128
132
134
136
138
140
142
144
146
148
150
152
154
156
158
160
162
164
166

图 4