

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

H04B 1/04 (2006.01)

G10L 21/00 (2006.01)

H04B 1/16 (2006.01)



[12] 发明专利申请公布说明书

[21] 申请号 200810142818.1

[43] 公开日 2009 年 1 月 7 日

[11] 公开号 CN 101340195A

[22] 申请日 2008.2.20

[21] 申请号 200810142818.1

[30] 优先权

[32] 2007.2.20 [33] US [31] 11/708,960

[71] 申请人 M/A - COM 公司

地址 美国马萨诸塞州

[72] 发明人 理查德·D·泰勒

[74] 专利代理机构 北京市柳沈律师事务所

代理人 黄小临

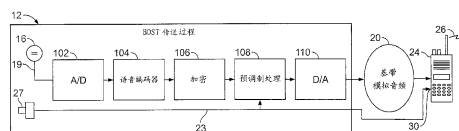
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 5 页

[54] 发明名称

用于基带数字频谱转换的方法和装置

[57] 摘要

提供了用于基带数字频谱转换的方法和装置。具体地，一种自含式装置(10)，用于将来自麦克风的音频信号转换为适于利用模拟 FM 传送器传送的基带传送信号。该自含式装置也可解码来自模拟 FM 收发器的直接扬声器音频输出(31)的基带接收信号。该装置将来自麦克风(16)的音频信号转换为基带传送信号，其包括：模数转换器(102)，用来数字化接收的来自麦克风(16)模拟信号；以及预调制处理器(108)，用于处理数字化的信号，其中，该数字化信号的边带频谱从亚音频频率移开预定量，以产生基带信号。



1. 一种自含式装置 (10), 用于将来自麦克风的音频信号转换为适于利用模拟 FM 传送器传送的基带传送信号, 该 FM 模拟传送器具有传送语音音频频带、亚音频频带、以及直接麦克风音频输入 (30), 该装置包括:

模数转换器 (102), 其被配置为将从麦克风 (16) 接收的模拟音频信号 (19) 数字化;

预调制处理器 (108), 其被配置为产生占用基本上在传送语音音频频带内的频率的基带传送信号; 以及

数模转换器 (110), 其被配置为将所产生的基带传送信号转换为模拟音频输出 (20), 该模拟音频输出被应用于 FM 传送器的直接麦克风音频 (30), 从而传送具有恒定包络的数字编码的 RF TX 信号。

2. 如权利要求 1 的装置, 还包括: 语音编码器 (104), 其被配置为编码数字化的音频信号。

3. 如权利要求 1 的装置, 还被配置为: 将数字化的信号映射为与所选择的恒定包络数字调制方案相对应的码元序列。

4. 如权利要求 1 的装置, 其中, 预调制处理器 (108) 还被配置为: 将实数基带数字信号的边带上移超过亚音频频带的量, 并提取上移的边带信号的实分量, 以将所提取的分量转换为基带 TX 信号, 以便应用于模拟 FM 传送器的直接麦克风音频输入 (30)。

5. 一种自含式装置 (10), 用于解码来自模拟 FM 接收器的直接扬声器音频输出的基带接收信号, 该模拟 FM 收发器具有语音音频接收频带、亚音频频带、以及直接扬声器音频输出 (31), 所述装置包括:

模数转换器 (202), 其被配置为将基带接收信号转换为数字信号, 从直接扬声器音频输出 (31) 接收的该基带接收信号源自对具有恒定包络的数字编码的 RF RX 信号的 FM 模拟解调, 且占用基本上在该 FM 收发器的接收语音音频频带内的频率; 以及

后解调处理器 (204), 其被配置为使用转换后的基带音频信号来产生扬声器音频信号 (21), 其中, 该扬声器音频信号基本上复制用来产生数字编码的 RF RX 信号的音频信号。

6. 如权利要求 5 的装置, 进一步地, 其中, 该后解调处理器 (204) 还

被配置为：将直接扬声器音频输出的边带下移取决于亚音频频带的量，并提取下移的边带信号的实分量，以将所提取的分量转换为实数基带信号。

7. 如权利要求 5 的装置，还被配置为：自适应地均衡中间信号，以减小源自 TX-RX 无线电路径中的缺陷、有缺陷的音频滤波、或所述两者的失真。

8. 如权利要求 5 的装置，其中，FM 收发器 (24) 包括 FM 传送器，该 FM 传送器具有传送语音音频频带、亚音频频带、以及直接麦克风音频输入 (30)，并且，所述装置还被配置为：

数字化来自麦克风 (16) 的模拟音频信号 (19)；

从数字化的音频信号产生基带传送信号，该基带传送信号具有恒定包络、且基本上被包含在模拟 FM 收发器的传送语音音频频带内；以及

将所产生的基带传送信号施加到直接麦克风音频输入 (30)，从而传送具有恒定包络的数字编码的 RF TX 信号。

9. 如权利要求 8 的装置，还包括：语音编码器 (104)，其被配置为编码数字化的音频信号；以及语音解码器 (208)，并且，使用转换后的基带音频信号产生扬声器音频信号，所述装置被配置为对中间数字信号进行语音解码。

10. 如权利要求 8 的装置，还被配置为：将实数基带数字信号的边带上移足以避免亚音频频带的量，提取上移的边带信号的实分量，并将所提取的分量转换为实数基带信号，以便应用于直接麦克风音频输入；并且，还被配置为：将直接扬声器音频输出的边带下移取决于亚音频频带的量，并提取下移的边带信号的实分量，以将所提取的分量转换为实数基带模拟接收信号。

11. 如权利要求 8 的装置，其被配置为：外部连接到 FM 收发器 (24)，并且，位于 FM 收发器 (24) 和扬声器-麦克风 (18, 16) 之间。

12. 一种用于将来自麦克风 (16) 的音频信号转换为基带信号的装置，所述装置包括：

模数转换器 (102)，用于将从麦克风 (16) 接收的模拟信号数字化；

预调制处理器 (108)，用于处理数字化的信号，其中，该数字化信号的边带频谱从亚音频频率移开预定量，以产生基带信号。

13. 如权利要求 12 的装置，其中，数字化的信号包括实数基带数字信号，且该预调制处理器 (108) 被配置为：上移实数基带数字信号的边带，并且，其中，所述预定量至少为 300 Hz。

14. 如权利要求 12 的装置, 其中, 数字化的信号包括实数基带数字信号, 且该预调制处理器 (108) 被配置为: 上移实数基带数字信号的边带, 并且, 其中, 所述预定量至少为 600 Hz。

15. 如权利要求 12 的装置, 其中, 所述预调制处理器 (108) 被配置为: 产生具有恒定包络的数字编码的传送信号。

16. 如权利要求 12 的装置, 还包括: 扬声器 (18); 以及后解调处理器 (204), 其被配置为处理来自扬声器 (18) 的数字化的信号, 其中, 该直接扬声器音频输出的边带被下移取决于亚音频频率的量。

17. 如权利要求 12 的装置, 还包括: 训练序列产生器 (113), 用于产生训练序列。

用于基带数字频谱转换的方法和装置

技术领域

本发明一般涉及用于无线数字传送和/或接收的方法和装置，更具体地，涉及使无线模拟 FM 收发器适用于数字传送和/或接收的方法和装置。

背景技术

至少一种已知的数字收发器具有内置于收发器中的专用电路和软件（例如，与设计为仅传送和接收模拟 FM 的收发器不同的电路），用来发送和接收数字数据。具有这种专用电路的收发器通常比简单的仅用于 FM 的模拟收发器更昂贵。

一些试图节省数字通信设备的费用的已知的方法使用模拟 FM 传送器来传送和/或接收数字信息，而无需对收发器的任何修改。然而，这种技术遇到的困难是：传统的模拟 FM 收发器不能传递低于 300 Hz 的语音音频频率。这样低的语音音频频率不是维持可理解的语音所必需的，而且，很多收发器使用从 67 到 250.3 Hz 的低频率的音频频带，用于连续音调编码控制系统（continuous tone coded squelch system, CTCSS）的音调。此后，这个从 DC 到大约 300 Hz 的频率范围将被称作“亚音频频带”，或简称为“亚音频频率”。典型地，在模拟 FM 收发器中的基带滤波从所传送和接收的语音音频中排除亚音频频率。这种排除通常使得很难或不可能与模拟 FM 收发器一起使用外部处理来产生或解调数字调制的信号（例如，C4FM，其为用于公共安全无线电系统的标准），这是因为，滤波器移除了必须被保留以确保传送质量（如保持眼图完整性）的 DC 附近的频率分量。并且，通过典型的模拟 FM 收发器的语音音频频率不扩展到超越 3000 Hz，这是因为，对于可理解的音频通信来说，更高的频率不是必需的。这个最大的频率限制对用于数字数据的可用带宽施加了上限。此后，从 300 Hz 到 3000 Hz 的频率被认为是“语音音频频带”，或简称为“语音音频”频率。当涉及收发器的传送器部分或分离的传送器时，这些频率可被称为“传送语音音频频带”。当涉及收发器的接收器部分或分离的接收器时，这些频率可被称为“接收语音音频频带”。

另外, 给定在典型的模拟 FM 收发器的传送和接收路径中的相当宽松的音频响应容限, 则很可能严重背离保持通过传送/接收路径的数字信号的完整性所需的平坦幅度的线性相位频率响应。并且, 尽管在典型的模拟 FM 收发器中采用的滤波可适用于处理模拟 FM 信号, 但对于实现可接受的数字眼图来说, 这样的滤波很可能引入过多失真。

发明内容

由一种自含式 (self-contained) 装置提供本解决方案, 该装置用于将来自麦克风的音频信号转换为适于利用模拟 FM 传送器传送的基带传送信号。该 FM 模拟传送器具有传送语音音频频带、亚音频频带、以及直接麦克风音频输入。该装置包括: 模数转换器, 其被配置为将从麦克风接收的模拟音频信号数字化。该装置进一步包括: 预调制处理器, 其被配置为产生基带传送信号, 其占用基本上在传送语音音频频带内的频率; 以及数模转换器, 其被配置为将所产生的基带传送信号转换为模拟音频输出, 将模拟音频输出应用于 FM 传送器的直接麦克风音频, 从而传送具有恒定包络的数字编码的 RF TX 信号。

也可由一种自含式装置提供该解决方案, 该装置用于解码来自模拟 FM 接收器的直接扬声器音频输出的基带接收信号。该模拟 FM 接收器具有语音音频接收频带、亚音频频带、以及直接扬声器音频输出, 该装置包括模数转换器, 其被配置为将基带接收信号转换为数字信号。从直接扬声器音频输出接收该基带接收信号, 其源自对具有恒定包络的数字编码的 RF RX 信号的 FM 模拟解调, 且占用基本上在该 FM 收发器的接收语音音频频带内的频率。该装置进一步包括: 后解调处理器, 其被配置为使用转换后的基带音频信号来产生扬声器音频信号, 其中, 该扬声器音频信号基本上复制用来产生数字编码的 RF RX 信号的音频信号。

也由一种用于将来自麦克风的音频信号转换为基带信号的装置提供该解决方案, 该装置包括模数转换器, 用于将从麦克风接收的模拟信号数字化。该装置进一步包括: 预调制处理器, 用于处理数字化的信号, 其中, 该数字化信号的边带频谱从亚音频频率移开预定量, 以产生基带信号。

附图说明

将通过实施例并参考结合附图描述本发明：

图 1 是根据本发明的实施例构建的在按键通话 (push-to-talk, PTT) 扬声器麦克风与传统的 FM 收发器之间可操作地耦接的基带数字频谱转换器 (BDST) 的框图。

图 2 是图 1 的 BDST 的传送过程的示意框图。

图 3 是图 2 的预调制处理块的更具体的示意框图。

图 4 是图 1 的 BDST 的接收过程的示意框图。

图 5 是图 4 的后解调处理块的更具体的示意框图。

具体实施方式

配合附图共同阅读将能更好的理解前述的概要和接下来对本发明的实施例的详细描述。为了扩大各实施例功能块例图的外廓，功能块并不一定表示硬件电路之间的分界。因而，例如，一个或多个功能块（如处理器或存储器）可以在单个硬件中实现（如通用信号处理器或一个块或随机访问存储器，硬盘等）。相似地，程序可以是孤立的程序，可以像操作系统中子程序那样结合使用，可以是安装软件包中的功能等。应理解，各实施例不限于附图中的装置和手段。

这里使用的单一叙述的和以“一个”开头的构件或步骤，不应被理解为排除多个所述构件或步骤，除非这种排除已被明确叙述。此外，本发明中所称的“一个实施例”并不意图解释为排除也结合了所述特征的另外的实施例的存在。另外，除非明确相反地叙述，否则，实施例中“包括”或“具有”构件或一系列构件具有特定的属性可以包括额外的无需具有该特定属性的这种构件。

在本发明的一个实施例中，参考图 1，用于模拟 FM 收发器 24（如手持收发器）的自含式基带数字频谱转换器 (BDST) 外部适配器 10 有两个基带过程，即，基带传送过程(基带 TX 过程)12 和基带接收过程(基带 RX 过程)14。这里的“过程(process)”可以指软件或硬件功能。例如，作为一种软件功能，基带 TX 过程 12 可全部或部分地在具有执行在存储器中提供的这些过程的指令的一个或多个数字信号处理器 (DSP) 内实现，基带 RX 过程 14 也可如此。另一方面，作为硬件功能，基带 TX 过程 12 可以是全部或部分地由模拟硬件完成的功能，基带 RX 过程 14 也可如此。基带 TX 过程 12 根据来自麦克风输入 19 的音频信号，产生基带传送信号（基带 TX 信号）20。代替直接麦克风音频输入 30 而使用基带传送信号 20。基带 RX 过程 14 根据来自直接扬声器音频输出 31 的基带接收信号（基带 RX 信号）22，产生扬声器音频信

号 21。

基带 TX 信号 20 源自任意恒定包络的数字调制系统，其具有大约 2.7 KHz 或更小的带宽，如 C4FM 调制（已在 TIA P25 规范中定义）。由模拟 FM 收发器 24 的传送语音音频频带、或接收语音音频频带确定所述 2.7 KHz 带宽，在典型的 FM 收发器中，上述两个频带都假定为 2.7 KHz（从约 300 Hz 开始到约 3000 Hz 结束）。如果使用具有更宽或更窄的频率范围的不同类型的模拟 FM 收发器 24，则可允许的频率范围由此而不同。模拟 FM 收发器 24 通过此处描述的方法和装置，生成数字编码的 RF TX 信号 26，并接收数字编码的 RF RX 信号 28。

注意，当提及占用基本上在模拟 FM 收发器 24 的传送语音音频频带内的频率的基带 TX 信号 20 时，其指通常在亚音频频带之上到最大频率的频率。

用于公共安全通信的数字调制系统 C4FM 具有一直到 DC 的频谱内容，但是，BDST 外部适配器 10/模拟 FM 收发器 24 接口上的基带 TX 信号 20 和基带 RX 信号 22 不具有从 DC 到 300 Hz 的频谱内容。相反，利用 BDST 外部适配器 10 中的希尔伯特(Hilbert)变换以及混合过程，使普通基带 C4FM 信号的频谱从 DC 移位，使得基带 TX 信号 20 和基带 RX 信号 22 均不与亚音频频带重叠，其中，所述亚音频频带未被使用，或者，更典型地，用于连续音调编码控制系统(CTCSS)音调。基带 RX 过程 14 使用另一个希尔伯特变换和混合操作来恢复原始的 C4FM 基带信号。被移位的基带频谱落入典型的模拟 FM 收发器所使用的约为 3000 Hz 的上频率截止的范围内。传统的麦克风 16 和传统的扬声器 18（例如，微型扬声器）可以被用于 BDST 外部适配器 10。麦克风 16 和扬声器 18 可以被组合到手持或夹持的扬声器麦克风(speaker-mike)或耳机中，也可以被提供有按键通话开关(PTT) 27 或 VOX 电路（未示出），其中，当达到所选择的麦克风电平时，产生 PTT 信号 23。麦克风 16、PTT 开关 27 和扬声器 18 也可以被装入与 BDST 外部适配器 10 相同的外壳中。

例如，并参考图 1 和图 2，由 BDST 外部适配器 10 的传送过程 12 处理来自麦克风 16 的模拟信号 19。A/D 转换器 102 将模拟信号转换成数字信号。在此转换之前，可选地，可应用附加的模拟处理（例如，增益控制、限制等），但其对于实践本发明的各实施例来说是不需要的，因此，其未被示出在图 2 中。因为本发明的结构特别适用于语音通信，所以，某些配置可提供声音编码器（语音编码器(vocoder)）104，以通过将音频语音有效地编码为 1 和 0 的序列（通称为“比特”），来减小所传送的带宽。同样，在一些配置中，可提供加密功能 106，以进一步将数字输入比特编码为安全的数据流，使得未授权的接收器难以对安全会话进行“窃听”。并且，数字比特

流被变换成与所选数字调制选择方案的可允许码元相对应的信号序列。例如,在 C4FM 调制的情况下,将比特序列映射到包括 4 个码元的序列,其通常被表示为+3、+1、-1 和-3,每个码元代表 2 比特的信息。预调制处理器 108 从该序列产生平滑的数字输出,并将输出频谱移位,以便其不会占用亚音频频带。当通过 D/A 转换器 110 将该数字输出转换为模拟信号时,结果是基带 TX 信号 20,其在被应用于模拟 FM 收发器 24 的麦克风输入时产生所期望的数字编码的 RF TX 信号 26。

在某些配置中,并参照图 2 和图 3,预调制处理器 108 包括滤波(例如,上升余弦滤波器 112 和反正弦滤波器 114),其产生被适当编码和平滑的基带信号。例如,通过对实数信号滤波,而产生 C4FM 基带信号,其中,通过上升余弦滤波器($\alpha=0.2$) 112 和反正弦滤波器 114,从自加密功能 106 输入该实数信号。在这些滤波器的输出,调制是根据 P25 规范的 C4FM。图 3 中示出了:在反正弦滤波器 114 的输出上的、用于在麦克风 16 处输入的声音音频的典型的 C4FM 基带频谱 124。

预调制处理器 108 也可以包括正弦导频音(pilot tone)产生器 25,其产生位于每次按键通话(PTT)事件开始的导频音。并且,基带 TX 过程 12 可以包括训练序列产生器 113,其产生短(例如,200 毫秒)训练序列,其同样也位于某些、但不一定是全部的 PTT 事件的开始。正弦导频音产生器 25 和训练序列产生器 113 可以被麦克风 16 上的同一 PTT 开关 27 触发,所述 PTT 开关 27 还用于提供模拟 FM 收发器 24 的 PTT 开关。导频音可由移位器 118 作为数字信号而插入,并可源自移位器 118 所使用的复数正弦。基带 RX 过程 14 可锁定到另一个收发器所传送的导频音,以有助于将基带频谱下移回到原始的 C4FM 形式。训练序列可用于校准在 BDST 外部适配器 10 的基带 RX 过程 14 中的自适应均衡滤波器,以去除所引入的模拟 FM 信号路径的失真。

在本发明的某些配置中,希尔伯特变换处理器 116 从去除了负频谱的实数基带 C4FM 信号生成 I 和 Q 复数信号。可以是复数正弦乘法功能的移位器 118 产生复数信号,其具有从实数基带 C4FM 信号的上边带移位了预定频率、以将该频谱从亚音频频带移开的上边带,所述预定频率被表示为 $f_{\text{subaudible}}$ 。在至少一个配置中, $f_{\text{subaudible}}=600\text{Hz}$,其足以避免在略大于 300 Hz 截止的语音音频带中经常发生的失真)。由实部/下移位功能 120(在图 3 中以“实数(REAL)”表示)产生在某些配置中被加重滤波器 122 进一步滤波的基带 TX 信号 20。实数基带 TX 信号 20 可被提供给模拟 FM 收发器 24 的麦克风输入。也就是,如果 $x(nT)$ 是反正弦滤波器 114 的基带输出,则 $y(nT)$ 是到麦克风输入的基带输出,

$$y(nT) = \text{Re} \left\{ (x(nT) + j\hat{x}(nT)) e^{j2\pi f_{\text{subaudible}} nT} \right\} \quad (1)$$

这里， $\hat{x}(nT)$ 是 $x(nT)$ 的希尔伯特变换。可使用 BDST 外部适配器 10 中的 DSP 实现希尔伯特变换 $\hat{x}(nT)$ ，该 DSP 被编程为实现有限冲激响应 (FIR) 滤波器。

由频谱 126 表示的所得到的实数基带信号 20 保留 C4FM 基带频谱 124 的所有的原始频谱信息，但包含从约 $-f_{\text{subaudible}}$ 到 $+f_{\text{subaudible}}$ 的“孔 (hole)” 128。

FM 收发器 24 通常提供对传送的信号的标准频率预加重、以及对所接收的信号的去加重。为了减小所传送的数字信号的带宽，可选的去加重滤波器 122 可被应用于实数功能 120 之外的实数 TX 基带信号 20，其有效地中和了在模拟 FM 收发器 24 中传送预加重滤波器的影响。

由频谱 126 和实数 TX 基带信号 20 表示移位的 C4FM 基带信号，其在下文中被称为“S-C4FM”。S-C4FM 基带 TX 信号 20 可在模拟 FM 收发器 24 中被 FM 调制，甚至是利用已被很多现有模拟 FM 收发器使用的最简单的恒定包络直接 FM 技术而被 FM 调制。

图 4 所示的基带 RX 过程 14 对基带 TX 过程 12 执行反转。参照图 4，信号处理由右流向左，数字编码的 RF RX 信号 28 被模拟 FM 收发器 24 中的 FM 解调器解调，以产生基带 RX 信号 22。由基带 RX 过程 14 中的 A/D 转换器 202 将该模拟信号数字化。后调制处理器 204 对数字化的信号操作，在所示的配置中，后调制处理器 204 将该频谱下移回到其原始的 C4FM 形式，提取四个码元 +3、+1、-1、-3，并将它们转换为比特流，如果在传送收发器中使用了安全编码，则将所述比特流发送到可选的移除该安全编码的解密功能 206。在使用语音编码器来产生数字 RF RX 信号 28 的配置中，基带 RX 过程 14 包括语音解码器 (de-vocoder) 208，其反转语音编码 (vocoding)，并将数字比特流转换为数字音频信号。随后，D/A 转换器 210 产生适用于扬声器 18 或耳机的模拟音频信号 21。尽管没有在图 4 中示出、且对于实现本发明的各个实施例来说不是必要的，但是，通常，在 D/A 转换器 210 和扬声器 18 之间的信号路径中置入附加的模拟处理或放大。例如，可提供音频频率响应的进一步的放大和衰减和/或整形 (例如，衰减低音和/或高音，以增加语音可理解性)。

在图 5 所示的信号流自右向左的一些配置中，后调制处理器 204 包括：预加重滤波器 212，用来补偿通常存在于模拟 FM 收发器 24 的接收部分中的去加重滤波器。在图 5 中，预加重滤波器 212 的输出是由关联的频谱 226 表示的基带信号，在该示例配置中，频谱 226 为频率移位后的 S-C4FM 基带信号的频谱，但在从 DC 到 300 Hz 的亚音频频带中基本上没有能量。

为了取消所接收的 S-C4FM 基带信号的频率移位，希尔伯特变换过程 214 从基带

信号 226 产生 I 和 Q 复数信号 (移除负频带), 复数乘法功能 216 通过 $f_{\text{subaudible}}$ 将此频谱下移 (例如, 600 Hz), 然后, 由实部/下移位功能 218 移除 I 分量, 以转换回为实数基带信号 230 (在图中表示为恢复的基带 C4FM 频谱 230), 以供进一步处理。更具体地, 如果 $y(nT)$ 是来自收发器的采样的基带输入, 则 $z(nT)$ 是这个过程的输出,

$$z(nT) = \text{Re}\{(y(nT) + j\hat{y}(nT))e^{-j2\pi f_{\text{subaudible}}nT + \theta}\} \quad (2)$$

对于 SSB 的最佳解调, 方程 2 中的复数正弦应匹配方程 1 中的用于基带 TX 过程 12 的复数正弦的频率和相位。锁相环 (PLL) 技术可被用于将振荡器锁定到正弦导频音, 其中, 就像前面已描述的, 由传送收发器将正弦导频音插入到基带信号中。

在本发明的某些配置中, 可提供均衡器 220。均衡器 220 可以是用来改善各种形式的失真 (例如, 预加重滤波、去加重滤波、后调制限制器滤波等) 的接收自适应均衡器, 其中, 所述失真通过模拟 FM 收发器 24 内的模拟 FM TX 和 RX 信号路径而被引入到 300-3000 Hz 范围。例如, 均衡器 220 可以是基于最小均方误差 (MMSE) 标准的线性自适应滤波器, 其使用所传送的训练序列来确定抽头权重。提供给均衡器 220 的抽头的数目可以取决于要均衡的失真的严重程度和特性而改变。

接下来, 提供滑窗积分器 222, 根据 P25 规范, 其作为实现 C4FM 信号的最优眼图所的必要部分; 本质上, 其 “张开了眼睛 (open the eye)”。图 5 中示出了作为滑窗积分器的输出的 C4FM 信号的典型的眼图 232。随后, 提供码元比特解码器 224, 以确定接收信号中码元值 (+3、+1、-1 或 -3), 并将码元值转换为比特, 以产生可被解密功能 206 解密的信号 (如果在传送时使用了加密的话)。解密功能 206 将所选数字调制选择方案的码元解密为可被语音解码器 208 解码的比特序列, 然后, 其通过 D/A 转换器 210 和扬声器 18 被恢复为音频信号。

应理解, 本发明的各实施例提供的方法/装置可利用模拟 FM 收发器来传送和/或接收数字信息, 而无需对收发器做任何修改。在模拟 FM 收发器中, 各个实施例不需要专用电路和软件来发送和接收数字数据。为此目的, 在某些实施例中提供具有到麦克风输入端 (用于传送的信号) 和扬声器输出端 (用于接收的信号) 的接口的外部适配器 (例如, BDST 外部适配器 10)。使用扬声器/麦克风和收发器之间的 BDST 外部适配器 10 来创建数字数据, 并使用同一 BDST 外部适配器 10 来将其解调。可使 BDST 外部适配器 10 与模拟 FM 收发器的典型频率响应相兼容, 并且, BDST 外部适配器 10 可提供与数字传送相关联的很多优势, 例如, 针对于窃听的安全性。并且, 在本发明的配置中, 使用模拟 FM 传送器和/或模拟 FM 接收器而不是模拟 FM 收发器, 本发明的至少一些优势可以通过分别仅具有基带 TX 过程或基带 RX 过程的 BDST 10

配置来实现。此外，本发明的配置允许向或从数字化的基带信号传送和接收 CTCSS 音调而无干扰。

虽然已经描述了本发明的优选实施例，但本领域技术人员可认识到，在实践中可以在本发明的精神和权利要求保护范围内对本发明作出修改。

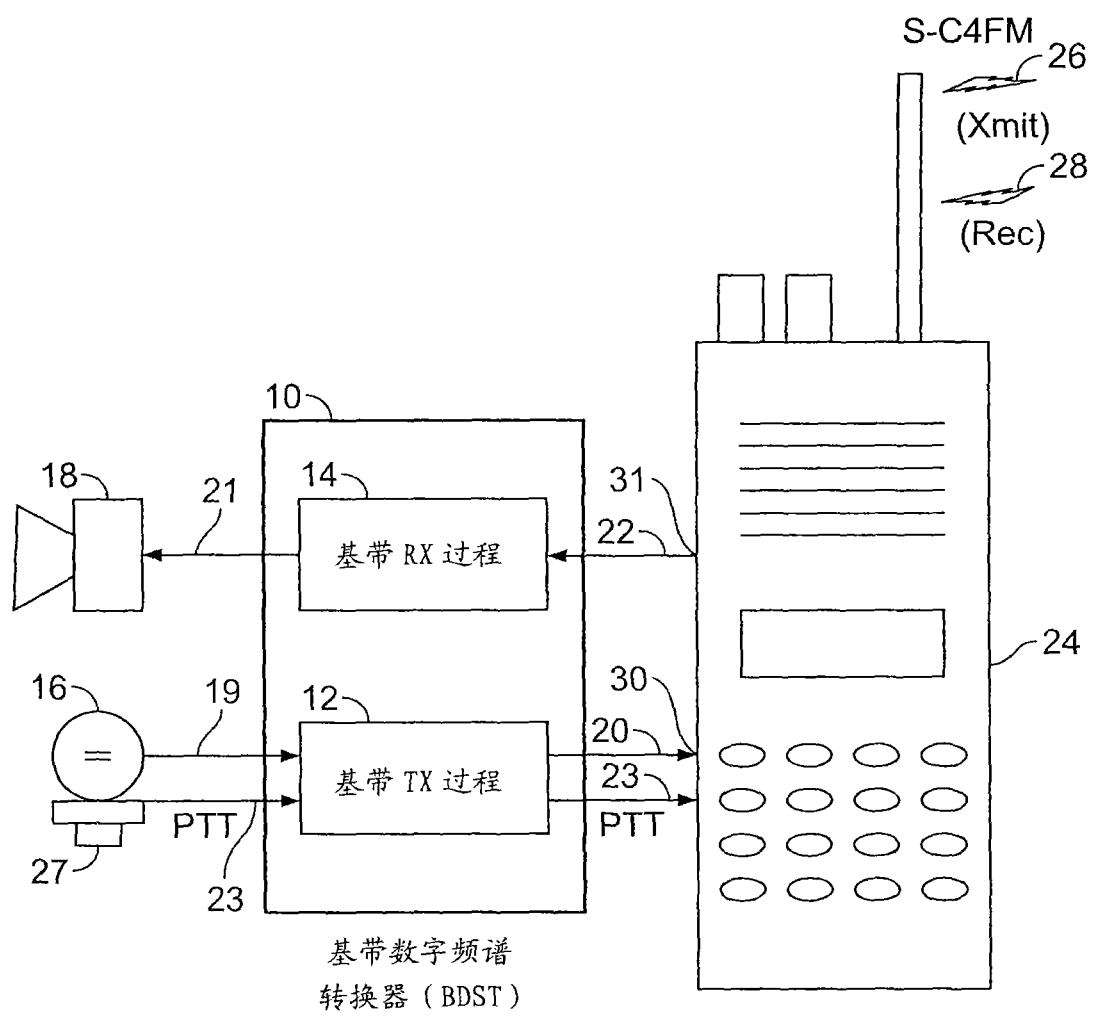


图 1

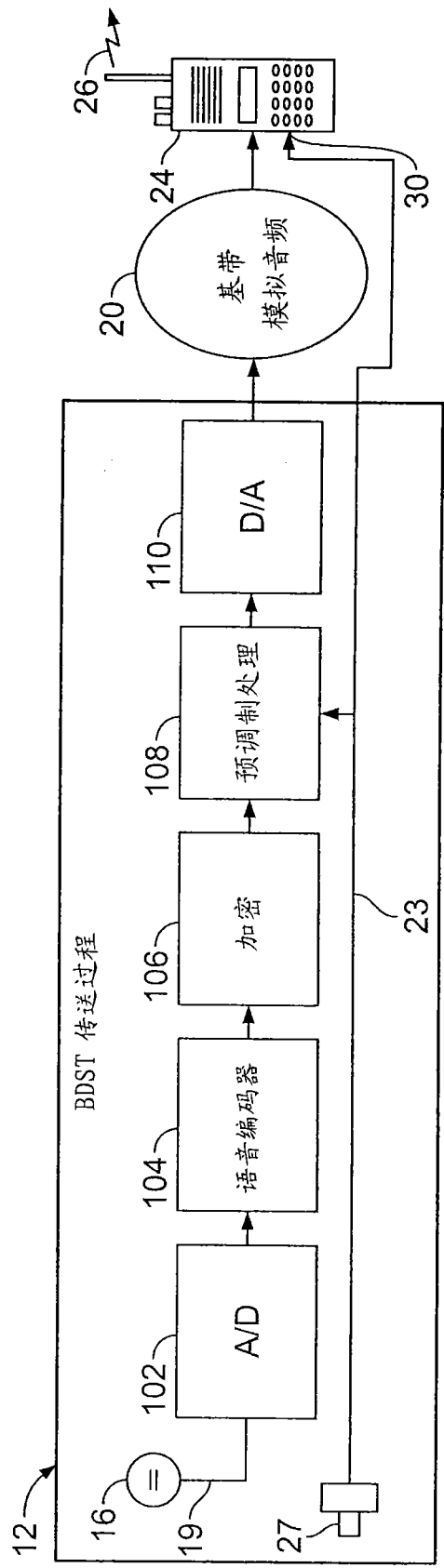


图 2

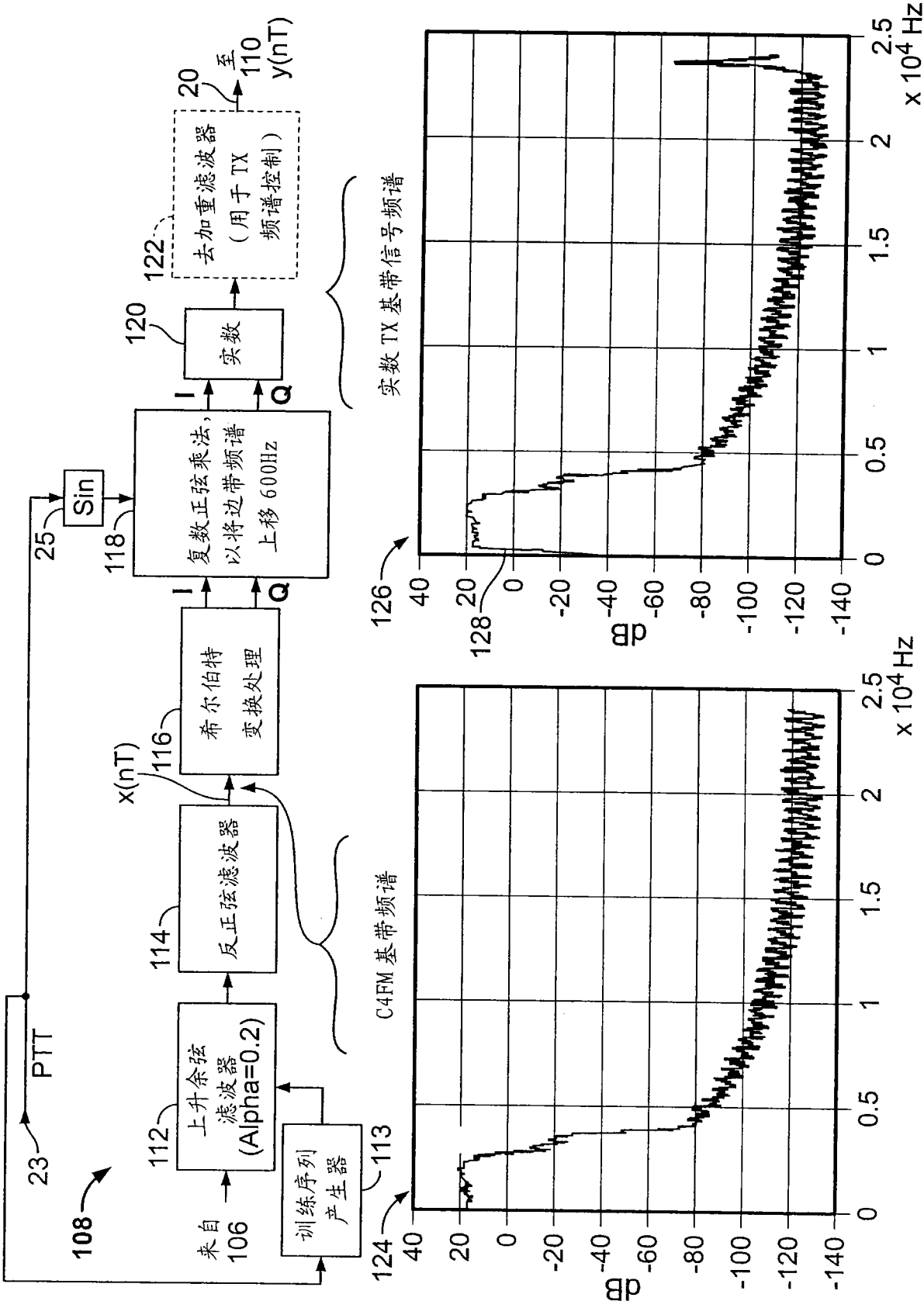


图 3

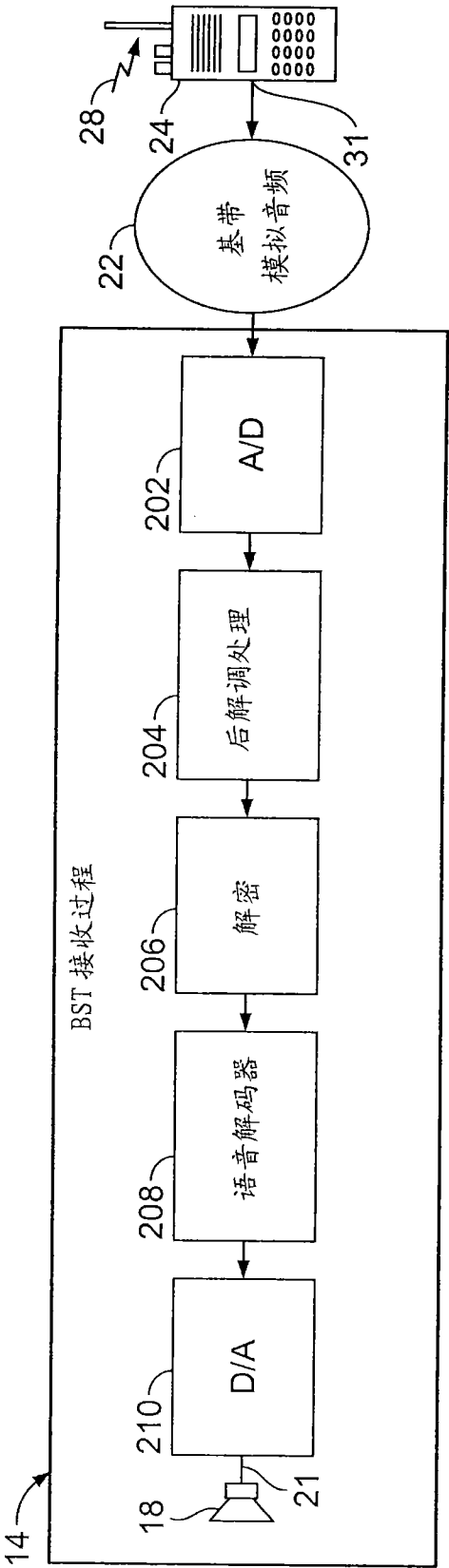


图 4

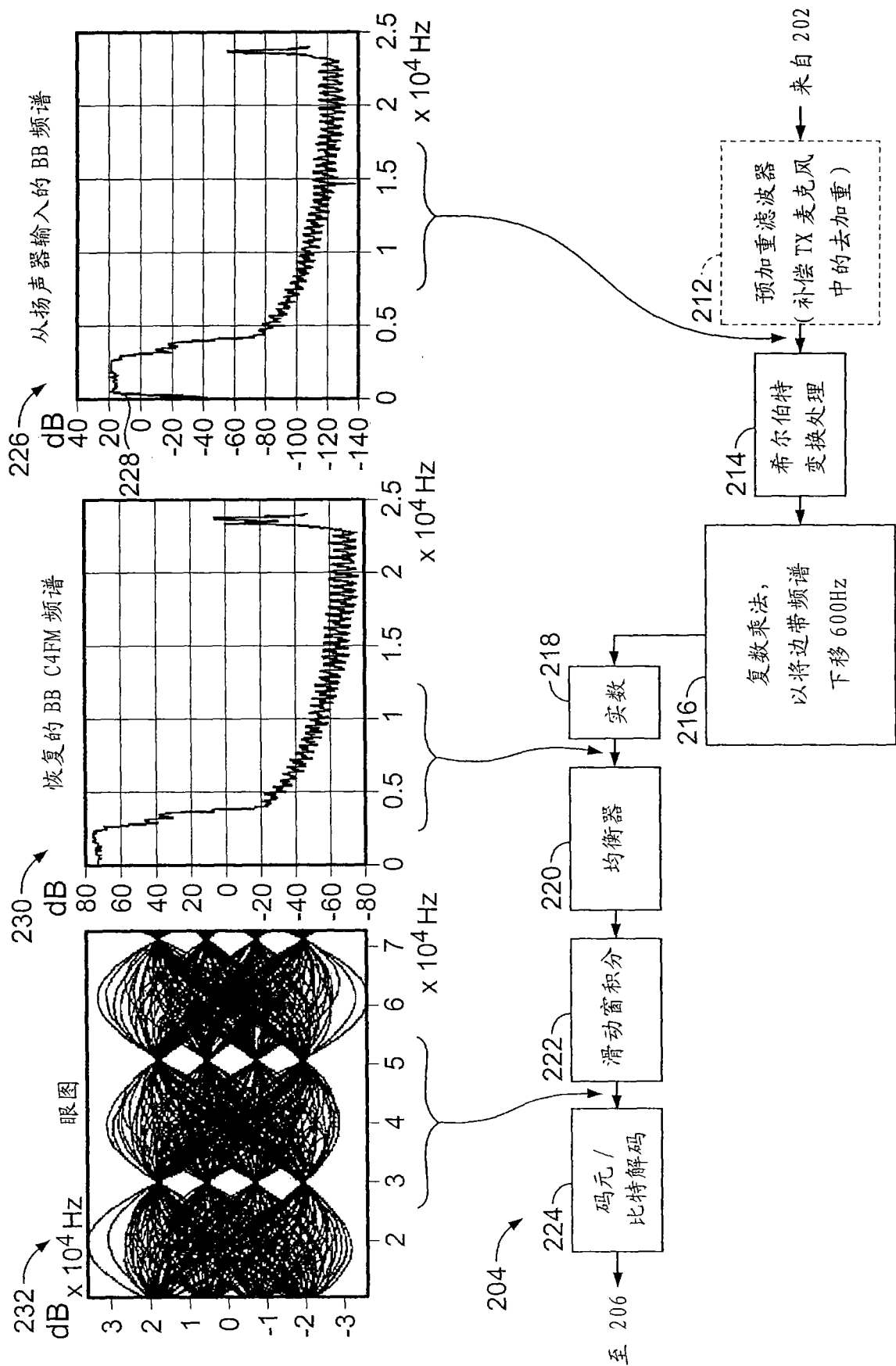


图 5