



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102870156 B

(45) 授权公告日 2015.07.22

(21) 申请号 201080066558.X

(51) Int. Cl.

(22) 申请日 2010.04.12

G10L 21/038(2013.01)

(85) PCT国际申请进入国家阶段日  
2012.10.11

(56) 对比文件

(86) PCT国际申请的申请数据  
PCT/IB2010/051569 2010.04.12

- CN 1750124 A, 2006.03.22,
- CN 101076853 A, 2007.11.21,
- CN 101141533 A, 2008.03.12,
- US 2008/0300866 A1, 2008.12.04,
- CN 101620854 A, 2010.01.06,
- EP 1970900 A1, 2008.09.17,
- CN 101496099 A, 2009.07.29,

(87) PCT国际申请的公布数据  
WO2011/128723 EN 2011.10.20

(73) 专利权人 飞思卡尔半导体公司  
地址 美国得克萨斯

审查员 游晓梅

(72) 发明人 罗伯特·克鲁奇  
拉杜·D·普拉莱亚

(74) 专利代理机构 中原信达知识产权代理有限  
责任公司 11219  
代理人 李宝泉 周亚荣

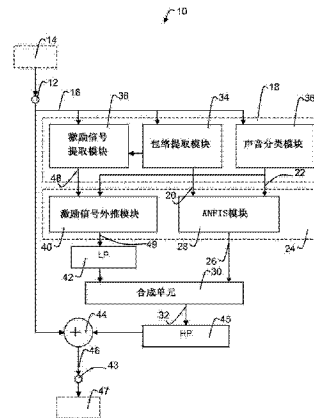
权利要求书2页 说明书9页 附图5页

(54) 发明名称

音频通信设备、输出音频信号的方法和通信系统

(57) 摘要

一种音频通信设备 (10) 包括输入 (12), 可连接到窄带音频信号源 (14)。输入 12 可以接收具有第一带宽的窄带音频信号 (16)。提取单元 (18) 连接到输入, 并且被布置成从窄带音频信号提取多个窄带参数 (20, 22)。外推单元 (24) 被连接以接收多个窄带参数, 并且被布置成从多个窄带参数来生成多个宽带参数 (26)。外推单元包括一个或多个自适应神经模糊推理系统 (ANFIS) 模块 (28)。设备 (10) 还包括合成单元 (30), 连接以接收多个宽带参数, 并且被布置成使用宽带参数来生成合成宽带音频信号 (32), 合成宽带音频信号 (32) 具有宽于第一带宽的第二带宽。并且该设备包括输出 (43), 输出 (43) 可连接到声换能器 (47), 被布置成输出人类可感知声学信号, 用于将所述合成宽带音频信号提供到声换能器。



CN 102870156 B

1. 一种音频通信设备 (10), 包括:

输入 (12), 所述输入 (12) 能够连接到窄带音频信号源 (14), 所述输入被布置成接收具有第一带宽的窄带音频信号 (16);

提取单元 (18), 所述提取单元 (18) 连接到所述输入, 并且被布置成从所述窄带音频信号提取多个窄带参数 (20, 22);

其中, 所述提取单元 (18) 包括包络提取模块 (34), 所述包络提取模块 (34) 被布置成接收所述窄带音频信号, 并且被布置成从所述窄带音频信号提取多个包络参数 (20), 其中, 所述多个包络参数包括用于所述窄带音频信号的多个线谱频率系数;

外推单元 (24), 所述外推单元 (24) 被连接以接收所述多个窄带参数 (20, 22), 并且被布置成从所述多个窄带参数来生成多个宽带参数 (26), 所述外推单元包括一个或多个自适应神经模糊推理系统模块 (28), 其中, 所述一个或多个自适应神经模糊推理系统模块被布置成接收至少所述多个线谱频率系数和由所述提取单元 (18) 提取的窄带信号增益并且被布置成输出与所述线谱频率系数相对应的多个宽带线谱频率系数和与所述窄带信号增益相对应的宽带信号增益;

合成单元 (30), 所述合成单元 (30) 被连接以接收所述多个宽带参数, 并且被布置成使用所述宽带参数来生成合成宽带音频信号 (32), 所述合成宽带音频信号 (32) 具有宽于所述第一带宽的第二带宽; 以及

输出 (43), 所述输出 (43) 能够连接到被布置成用于输出人类可感知声学信号的声换能器 (47), 用于将所述合成宽带音频信号提供到所述声换能器。

2. 如权利要求 1 所述的音频通信设备, 其中, 所述提取单元 (18) 包括声音分类模块 (36), 所述声音分类模块 (36) 被布置成接收所述窄带音频信号和确定至少一个声音分类参数 (22)。

3. 如权利要求 1 所述的音频通信设备, 其中, 所述提取单元 (18) 包括激励信号提取模块 (38), 所述激励信号提取模块 (38) 被布置成接收所述窄带音频信号和提供窄带激励信号 (48)。

4. 如权利要求 3 所述的音频通信设备, 其中, 所述外推单元 (24) 包括激励外推模块 (40), 所述激励外推模块 (40) 被连接以接收所述窄带激励信号, 并且被布置成从所述窄带激励信号来生成宽带激励信号 (49)。

5. 如权利要求 4 所述的音频通信设备, 其中, 所述合成单元 (30) 被布置成接收所述宽带激励信号。

6. 如权利要求 1-5 中的任何一个所述的音频通信设备, 包括混合单元 (44), 所述混合单元 (44) 被布置成接收所述窄带音频信号和所述合成宽带音频信号, 并且被布置成从所述窄带音频信号和所述合成宽带音频信号来生成宽带音频信号 (46)。

7. 如权利要求 1-5 中的任何一个所述的音频通信设备, 其中, 所述音频通信设备被实现为集成电路。

8. 一种用于输出音频信号的方法, 包括:

接收 (80) 具有第一带宽的窄带音频信号;

提取 (82) 所述窄带音频信号的多个窄带参数, 其中, 所述提取 (82) 包括从所述窄带音频信号提取多个包络参数 (20), 其中, 所述多个包络参数包括用于所述窄带音频信号的多

个线谱频率系数；

通过将至少所述多个线谱频率系数和提取的窄带信号增益应用到至少一个自适应神经模糊推理系统并且通过输出对应的多个宽带线谱频率系数和对应的宽带信号增益来从所述窄带参数外推 (84) 宽带信号的多个宽带参数；

使用所述宽带参数来生成 (86) 合成宽带音频信号,所述合成宽带音频信号具有宽于所述第一带宽的第二带宽;以及

输出 (89) 所述合成宽带音频信号。

9. 如权利要求 8 所述的方法,包括混合 (88) 所述窄带音频信号和所述合成宽带音频信号,以及从所述窄带音频信号和所述合成宽带音频信号来生成宽带音频信号。

10. 一种通信系统 (100),包括如权利要求 1 至 7 中的任何一个所述的音频通信设备 (10)。

## 音频通信设备、输出音频信号的方法和通信系统

### 技术领域

[0001] 本发明涉及音频通信设备、用于输出音频信号的方法、通信系统和计算机程序。

### 背景技术

[0002] 例如,通信系统可以用于在发送器和接收器之间进行音频信号通信。通常,信号是任何随时间变化的量,例如,可以随时间变化的电流或电压电平。应该注意,随时间变化的量可以包括随时间零变化。音频信号对人类来说表示可听声学信号,例如,音乐或语音,例如,作为电或光信号。

[0003] 通信信道允许信号的通信,这些信号具有不大于可用信道带宽的最大带宽。诸如语音信号的信号包括各种频率。通过其最低频率和最高频率之间的信号的频谱的范围或宽度给出信号的带宽。通过人体解剖学来确定语音信号的带宽。然而,可用信道带宽可能窄,并且可能不允许传输包含语音信号完整频谱的宽带语音信号。例如,电话网络系统音频质量差的一个原因是提供有限带宽。语音具有 85-8000Hz (赫兹) 范围内的感知有效能量。3400Hz 以上的频率分量对于语音可懂度非常重要。然而,当语音信号经过电话信道时,频带被限制为大约 300-3400Hz。这种限制导致语音质量和可懂度降低,例如,可能很难通过电话区分相似的声音。

[0004] 带宽扩展包括根据可用窄带信号的宽带信号的估计,并且通常基于根据统计数据将有限频带的参数集合外推到较宽频带进行带宽扩展。例如,这可以使用隐马尔可夫模型(HMM)、神经网络或码本来实现,其需要很多计算步骤。

[0005] 在 EP 1350243A2 中,示出语音带宽扩展,其中,分析窄带语音信号,并且将从提取的参数生成的合成低频带信号与从窄带语音信号经由上采样得到的信号组合。使用码本和基于能量度量的最小化来提取参数。

[0006] 在 US 2009/0201983A1 中,示出了一种在带宽扩展系统中估计高频带能量的装置。分析窄带信号,并且在上频带提取和复制滤波器系数,以仅引入少量失真。

### 发明内容

[0007] 本发明提供一种如所附权利要求所述的音频通信设备、用于输出音频信号的方法、通信系统和计算机程序产品。

[0008] 在从属权利要求中阐述了本发明的具体实施例。

[0009] 根据并且参照下文中描述的实施例所阐述的,本发明的这些和其他方面将显而易见。

### 附图说明

[0010] 参照附图,将仅通过示例的方式来描述本发明的进一步的细节、方面和实施例。在附图中,使用相同附图标记来表示相同或功能相似的元件。附图中的元素为了简明和清楚而被图示,并且不一定按照比例绘制。

- [0011] 图 1 示意性示出音频通信设备的实施例的示例的框图。
- [0012] 图 2 示意性示出钟形隶属函数的示例的图。
- [0013] 图 3 示意性示出自适应神经模糊推理系统模块的现有技术示例的图。
- [0014] 图 4 示意性示出自适应神经模糊推理系统模块集合的示例的框图。
- [0015] 图 5 示意性示出声音分类模块的示例的框图。
- [0016] 图 6 示意性示出组合的激励信号和频谱包络提取的示例的框图。
- [0017] 图 7 示意性示出用于输出音频信号的方法的示例的示图。
- [0018] 图 8 示意性示出根据音频通信设备的实施例的示例句子的语音信号谱图。
- [0019] 图 9 示意性示出通信系统的实施例的示例的框图。

### 具体实施方式

[0020] 因为对于大部分,可使用本领域技术人员已知的电子组件和电路来实现本发明的所图示的实施例,为了本发明基本概念的了解和认识,并且为了不混淆或转移本发明的教导,对超出有必要图示程度的细节将不作解释。

[0021] 参照图 1,示意性示出音频通信设备 10 的实施例的示例的框图。音频通信设备 10 可以包括输入 12,在此示例中,输入 12 连接到窄带音频信号源 14。输入 12 可以从源 14 接收具有第一带宽的窄带音频信号 16。提取单元 18 连接到输入 12,并且被布置成从窄带音频信号 16 提取多个窄带参数 20、22。外推单元 24 被连接以接收多个窄带参数 20、22,并且外推单元 24 被布置成根据多个窄带参数来生成多个宽带参数 26。应该注意,窄带参数 20、22 是表征窄带音频信号 16 的参数。

[0022] 提取多个参数可以是指:对于信号或信号帧,确定与当前分析的信号或信号帧相对应的参数值。

[0023] 在此示例中,外推单元包括一个或多个自适应神经模糊推理系统(ANFIS)模块 28。设备 10 还包括合成单元 30,合成单元 30 被连接以接收多个宽带参数 26,并且被布置成使用宽带参数来生成具有第二带宽的合成宽带音频信号 32,第二带宽比第一带宽宽。

[0024] 设备包括输出 43,在此示例中,输出 43 被连接到声换能器 47,声换能器 47 被布置成输出人类可感知声学信号,输出 43 用于向声换能器 47 提供所述合成宽带音频信号。

[0025] 应该注意,合成宽带音频信号可以直接提供给声换能器 47 或者经由例如滤波设备或混合单元 44 的中间设备提供给声换能器 47,用于提供合成宽带音频信号,作为包括附加信号分量的混合器输出信号的一部分。

[0026] 如下详细解释的,呈现的设备 10 可以允许通过使用窄带音频信号 16 中包含的信息来生成宽带音频信号。特别地,允许基于 300-3400Hz 频带中的信息来估计高频谱部分,即,可以允许在不修改现有通信架构的情况下向用户或订户提供高质量语音。

[0027] 例如,音频通信设备 10 可以被实现为集成电路。例如,可以使用电气或电子电路来实现设备 10,所述电气或电子电路诸如互连以执行专用逻辑功能和/或其他专用电路的逻辑门,或者可以在可编程逻辑器件中实现设备 10,或者设备 10 可以包括由一个或多个处理设备执行的程序指令。

[0028] 窄带音频信号源 14 可以是任何音频信号源,通过该音频信号源,仅向原始宽带音频信号提供通过音频信号表示的声学信号的原始(宽带)频谱的一部分。窄带信号的带宽小

于原始声学信号的带宽。例如，窄带音频信号源 14 可以是仅提供有限信道带宽的电话线或任何其他通信信道。另外，例如，通过使用诸如带宽子限制麦克风的带宽限制设备来在发送侧引入带宽限制。

[0029] 窄带音频信号 16 可以设置为信号帧的序列，每个信号帧在时间上具有特定持续时间或长度。然后，对于信号帧中的一些或每一个，可以执行参数提取、外推和合成。持续时间可以是任何持续时间，例如，10 毫秒(ms)、20ms 或 30ms。例如，由于语音信号的有限变化，帧持续时间 20ms 的语音信号可以提供可靠的提取参数值，并且可以允许输入信号的追踪变化。

[0030] 仍参照图 1，窄带音频信号 16 被提供给提取单元 18。提取单元 18 可以从窄带音频信号 16 提取任何适合的参数，诸如音频的类型（例如，浊音、清音）、信号包络、激励或任何其他适当参数。在示出的示例中，例如，提取单元 18 包括激励信号提取模块 38、包络提取模块 34 和声音分类模块 36。

[0031] 参照图 5，声音分类模块 36 的框图被配置为确定至少一个声音分类参数 22。声音分类参数可以是例如浊音 / 清音标识符。

[0032] 为此，声音分类模块可以包括特征提取块 70，特征提取块 70 连接到判决逻辑块 72，判决逻辑块 72 例如包括诸如用于确定浊音 / 清音标识符的逻辑电路的装置。特征提取块 70 可以接收窄带(NB)语音信号或帧，并且可以配置为确定例如自相关比 R 和 / 或频谱平坦度 Sf 或频谱平坦度的导数 dSf，其中，例如，高 R 或低 Sf 可以指示浊音信号帧。

$$[0033] \quad R = \frac{\sum_{i=1}^N x_i^2}{N} / \frac{\sum_{i=1}^{N-1} x_i x_{i+1}}{N-1}$$

[0034] N= 帧中的样本数

[0035]  $x_i$  是数字输入窄带音频信号的输入样本。

$$[0036] \quad Sf = \prod_{i=1}^{N/2} (|FFT(x, N)|) / \left( \frac{2}{N} \sum_{i=1}^{N/2} (|FFT(x, N)|) / (N/2) \right)$$

[0037] 其中，FFT 是快速傅里叶变换。

[0038] 在对例如不同国家的多种说话者的语音信号进行一系列测试之后，可以基于选择的阈值从特征的多维空间界定浊音和清音簇。

[0039] 声音分类模块 36 可以适于提供浊音 / 清音标识符。在另一实施例中，例如，声音分类模块 36 还可以提供例如分类为摩擦音和元音的音素类型。

[0040] 音频通信设备 10 的提取单元 18 可以包括激励信号提取模块 38，激励信号提取模块 38 被布置成接收窄带语音信号 16 并且提供窄带激励信号。例如，对于浊音语音，声源或激励信号通常可以被建模为周期脉冲序列，对于清音语音，被建模为白噪声。

[0041] 现参照图 6，示意性示出组合激励信号和频谱包络提取的示例的框图。为了从窄带语音信号提取激励信号和例如 LSF 系数，例如，可以使用 Levinson 或 Levinson-Durbin 递归 74 来确定 LPC 系数。然后，预测滤波器 76 可以提供窄带语音信号的激励信号和递归块 74 的输出。为了提供 LSF 系数，可以使用 LPC 至 LSF 转换块 78。

[0042] 返回参照图 1, 提取单元 18 可以包括包络提取模块 34, 包络提取模块 34 被布置成接收窄带音频信号 16, 并且被布置成从所述窄带音频信号 16 提取多个包络参数 20。包络可以是频谱包络。例如, 提取单元 18 可以直接连接到音频通信设备 10 的输入 12。例如, 包络提取模块可以被布置成使用线性预测模型的信息来提供用于表示接收到的语音信号的频谱包络的线性预测编码(LPC)系数。

[0043] 在音频通信设备 10 的实施例中, 可以计算线谱频率(LSF), 以表示线性预测系数(LPC)。多个包络参数 20 可以包括用于窄带音频信号的多个线谱频率系数。还可以包括信号增益。因此, 例如, 可以改善对量化噪声的敏感性。

[0044] 相反或另外, 可以提取窄带音频信号 16 的其他特征, 例如, 倒谱系数或梅尔频率倒谱系数(MFCC)。多个窄带参数 20、22 可以包括多个包络参数 20 和其他特征信号参数, 诸如浊音 / 清音标识符。

[0045] 仍参照图 1, 所提取的窄带参数 20、22、48 输入到外推单元 24。外推单元 24 可以按照适合特定实现的任何方式来外推窄带参数 20、22、48, 以获得任何适当类型的宽带参数。在示出的示例中, 除了 ANFIS 模块 28 之外, 外推单元 24 包括例如激励信号外推模块 40, 以生成宽带激励信号 49。可以将窄带参数 20、22 的至少一些提供给外推单元 24 的 ANFIS 模块 28 中的一个或 ANFIS 模块 28 集合。

[0046] 自适应神经模糊推理系统或基于自适应网络的模糊推理系统(ANFIS) 可以是指自适应网络框架下实现的模糊推理系统, 例如, Jang, "ANFIS: Adaptive-Net work-Based Fuzzy Inference System", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Vol. 23, No. 3, May/June 1993 中, 或者 Jang, Sun, "Neuro-Fuzzy Modeling and Control", The proceedings of the IEEE, Vol. 83, No. 3, pp. 378-406, March 1995 中所描述的。ANFIS 系统可以基于人类知识(模糊 if-then 规则的形式)和规定输入-输出数据对来提供输入-输出映射。例如, 当不易获得设备的数学模型时, 这种非线性映射已经被优化用于控制高度复杂系统, 诸如发电设备控制。此处的这样的 ANFIS 结构可以应用于完全不同环境的音频通信设备 10 中, 并且可用于在仅窄带参数 20、22 可用的情况下并且在没有准确数学模型可用的情况下确定例如人类语音的宽带音频信号参数 26。在所示出的音频通信设备 10 中实现的 ANFIS 模块 28 可以例如是第一阶 Sugeno 型和隶属函数,  $\mu_{A_1}$ 、 $\mu_{A_2}$ 、 $\mu_{B_1}$  和  $\mu_{B_2}$  可以是任何连续和分段可微函数, 并且例如, 可以是钟形:

$$[0047] \quad \mu_{A_i}(x) = \exp\left(-\left[\left(\frac{x-c_i}{a_i}\right)^2\right]^{b_i}\right)$$

[0048]  $\{a_i, b_i, c_i\}$  = 用于形成隶属函数的参数。

[0049] 现参照图 2, 作为示例, 示出具有两个规则的两个输入  $x$  和  $y$  第一阶 Sugeno 类型模糊模型的钟形隶属函数的示例的示图: 如果  $x$  是  $A_1$ , 并且  $y$  是  $B_1$ , 则  $f_1 = p_1 \cdot x + q_1 \cdot y + r_1$ ; 如果  $x$  是  $A_2$ , 并且  $y$  是  $B_2$ , 则  $f_2 = p_2 \cdot x + q_2 \cdot y + r_2$ 。

[0050] 如图 2 所指示, 可以通过  $f = (w_1 \cdot f_1 + w_2 \cdot f_2) / (w_1 + w_2)$  给出输出函数  $f$ , 其中, 启动(firing)强度  $w_1$  和  $w_2$ 。

[0051] 还参照图 3, 示出自适应神经模糊推理系统(ANFIS)模块的现有技术示例的示图,

实现如上所述具有两个规则的两个输入  $x$  和  $y$  第一阶 Sugeno 类型模糊模型。尽管示出的示例基于两个规则的集合来实现,但是用于参数外推的规则集合可以包括多于两个规则,例如,10 或 60 或 80 个规则,通常从 20 至 80 个规则,取决于从窄带外推到宽带的参数的重要性。然后,可以通过应用减法聚类来获得推理模型的结构,以避免模型复杂性的指数增长。

[0052] 对于窄带线谱频率 (LSF) 输入值,当构建 ANFIS 模块时,可以利用例如进一步的条件:生成的带宽 LSF 必须处于  $[0 \pi]$  范围内,且必须被排序。

[0053] 如此示例中所示,ANFIS 模块可以接收输入窄带参数值  $x$  和  $y$ 。第一层 50 中的每个节点可以是自适应节点,具有节点输出  $\mu_{A1}$ 、 $\mu_{A2}$ 、 $\mu_{B1}$  和  $\mu_{B2}$ ,并且  $A1$ 、 $A2$ 、 $B1$  和  $B2$  是与此节点相关联的模糊集。第二层 52 中的每个节点是标记为  $\pi$  的固定节点,用于与来自第一层的输入信号相乘,并且可以输出启动强度  $w_1$  和  $w_2$ 。第三层 54 中的每个节点是标记为  $N$  的固定节点。示出的节点可以计算归一化的启动强度  $\overline{w_1}$  和  $\overline{w_2}$ ,作为该规则的启动强度与所有规则的启动强度之和的比率。在第四层 56 中,可以计算节点函数  $\overline{w_1} \cdot f_1$  和  $\overline{w_2} \cdot f_1$ ,而在第五层 58 中,ANFIS 模块的全部输出可以被计算为来自第四层的所有输入信号之和。ANFIS 模块的实现可以不同,并且可以例如包括少于 5 层或多于 5 层。

[0054] 例如,ANFIS 模块可以优化用于与高频带估计相关的宽带参数 26 的外推,高频带估计对人类感知更重要,但是也可以执行低频带(即,例如,300Hz 以下)估计。

[0055] 参照图 4,示出自适应神经模糊推理系统(ANFIS)模块的集合 60 的示例的框图。一个或多个自适应神经模糊推理系统模块可以被布置成接收一个或多个窄带参数 62、64,并且从一个或多个窄带参数 62、64 生成一个或多个宽带参数 66、68。

[0056] 如果使用不止一个 ANFIS 模块,则例如,可以并行向 ANFIS 模块的集合提供窄带参数 62、64。如所示,例如,10 个窄带(NB)LSF62 和提取的窄带信号增益 64 可以应用于 ANFIS 模块的集合 60,并且例如可以确定 20 个带宽(WB)LSF 66 和宽带增益 68。可以使用例如混合训练方法来训练 ANFIS 模块,诸如最小二乘法和反向传播的组合。作为示例,可以基于诸如限制语言的多语种语音数据库 2002 的语音数据库来自动执行训练。

[0057] 再参照图 1,外推单元 24 可以包括激励外推模块 40,激励外推模块 40 被连接以接收所述窄带激励信号 48,并且被布置成从所述窄带激励信号 48 生成宽带激励信号 49。在示出的外推单元 24 中,例如可以使用清音帧的频谱混叠和浊音帧的单边带调制来实现窄带激励信号 48 到宽带激励信号 49 的外推。在其他实施例中,可以使用码本或者带通调制的白噪声激励。

[0058] 所生成的宽带激励信号可以直接应用于合成单元 30,或者所生成的宽带激励信号 49 的频谱可以在应用于合成单元 30 之前使用低通滤波器 42 进行平滑。

[0059] 例如语音信号的音频信号的合成包括不直接从输入音频信号生成新音频信号,而是基于表示音频信号特征的特征参数,诸如所示的示例中的外推宽带参数 26 和宽带激励信号 49 来生成新音频信号。新音频信号可以是分析的输入音频信号的(重新)合成版本,或者如在此所示,在提供附加属性(例如,与输入信号相比,扩展的带宽)的同时具有原始(窄带)输入音频信号的信号共享特征的(重新)合成版本。

[0060] 仍参照图 1,合成单元 30 可以被布置成接收宽带激励信号 49。可以通过激励信号外推模块 40 直接提供所接收到的宽带激励信号 49,或者提供宽带激励信号 49 的已处理版本,例如,通过低通 42 滤波的版本。然后,基于外推宽带参数 26 的宽带激励信号与合成滤



波器 30 的滤波器响应的卷积可以帮助生成高质量合成宽带信号 32。

[0061] 一个或多个自适应神经模糊推理系统模块 28 中的至少一个可以被布置成使所述一个或多个自适应神经模糊推理系统模块 28 的至少一个判决规则和至少一个参数适应合成宽带音频信号 32 的人类感知。

[0062] 为了生成带宽扩展的高质量宽带音频信号 46, 音频通信设备 10 可以包括混合单元 44, 混合单元 44 被布置成接收窄带音频信号 16 和合成宽带音频信号 32, 并且被布置成从窄带音频信号 16 和合成宽带音频信号 32 生成宽带音频信号 46。混合器可以是任何信号混合设备。例如, 混合窄带信号和合成宽带音频信号可以包括信号求和。在将合成宽带音频信号 32 应用于混合单元 44 之前, 可以应用高通滤波器 45, 以便将合成信号的影响仅限制到估计的高频带, 在估计的高频带中, 没有窄带信号分量可用。

[0063] 在包括用于将合成宽带音频信号与输入窄带音频信号混合的混合单元的音频通信设备的实施例中, 至少一个 ANFIS 模块 28 可以被布置成使至少一个自适应神经模糊推理系统模块 28 的至少一个判决规则和至少一个参数适应通过混合生成的宽带音频信号(包括合成宽带音频信号)的人类感知。

[0064] 现参照图 7, 示意性示出用于输出音频信号的方法的示例的示图。所图示的方法作为用于输出音频信号的方法的一部分实现了所描述的音频通信设备的优点和特征。

[0065] 所述方法可以包括接收 80 窄带音频信号; 提取 82 窄带信号的多个窄带参数; 通过将窄带参数应用到至少一个自适应神经模糊推理系统从窄带参数外推 84 宽带信号的多个宽带参数; 使用宽带参数来生成 86 合成宽带音频信号, 其中, 合成宽带音频信号具有宽于第一带宽的第二带宽; 以及输出 89 合成宽带音频信号。

[0066] 外推 84 可以包括通过将窄带音频信号的一个或多个特征参数应用于至少一个自适应神经模糊推理系统(ANFIS)模块来生成宽带音频信号的一个或多个特征参数中的至少一个。

[0067] 此外, 所示出的用于输出音频信号的方法可以包括将窄带音频信号与合成的宽带音频信号混合 88, 并且从窄带音频信号和合成的宽带音频信号来生成宽带音频信号。在所述方法的实施例中, 这可以包括在与窄带音频信号混合之前对合成的宽带音频信号进行高通滤波。

[0068] 提取 82 可以包括例如通过确定至少一个声音分类参数来对窄带音频信号进行分类。并且其还可以包括提取窄带激励信号。外推 84 可以包括从窄带激励信号来生成宽带激励信号。

[0069] 在实施例中, 用于输出音频信号的方法可以包括使至少一个自适应神经模糊推理系统的至少一个判决规则和至少一个参数适应 90 合成宽带音频信号的人类感知。如果所述方法包括将合成的宽带音频信号与输入窄带音频信号混合 88 的步骤, 则使至少一个自适应神经模糊推理系统的至少一个判决规则和至少一个参数适应合成宽带音频信号的人类感知可以是指通过混合生成的宽带音频信号(包括合成信号)的人类感知。

[0070] 参照图 8, 示出根据音频通信设备的实施例的用于示例句子的语音信号频谱图 92、94、96。频谱图是示出信号的谱密度如何随时间变化的图像, 即, 在图像平面中按时间显示频率, 并且通过不同灰度级来指示谱密度。图像 92 示出 0-8000Hz 范围内原始宽带语音信号的频谱图, 而图像 94 示出由通过电话信道的传输限制的语音信号带宽的窄带版

(0-4000Hz)。图像 96 示出根据呈现的带宽扩展从图像 94 中所示的窄带信号生成的宽带信号。可以估计出外推的频谱非常接近原始宽带音频信号频谱。

[0071] 现还参照图 9, 示意性示出通信系统 100 的实施例的示例的框图。通信系统 100 可以包括音频通信设备 10, 或者可以适于执行如上所述的方法。通信系统可以包括通信网络 102, 通信网络 102 具有仅允许从发送器 110 到接收器 108 的音频或语音信号的有限带宽传输的传输功能 104、106。例如, 通信系统 100 可以是电话系统。例如, 示出的音频通信设备 10 (BWE: 宽带扩展) 可以被实现为电话网络架构的一部分, 或者可以被实现为电话设备的一部分。由于电话网络处于世界各地最广泛的网络内, 所以不需要网络硬件巨大变化的用于扩展有限带宽的方案是有益的, 特别是从成本角度来看。作为另一示例, 示出的通信系统 100 可以是窄带无线电通信系统或者包括窄带发送侧通信设备的系统。

[0072] 还可以在用于在计算机系统上运行的计算机程序中实现本发明, 至少包括当在诸如计算机系统的可编程装置上运行时用于执行根据本发明的方法的步骤的代码部分, 或者启用可编程装置以执行根据本发明的设备或系统的功能的代码部分。

[0073] 计算机程序是一系列指令, 诸如特定应用程序和 / 或操作系统。例如, 计算机程序可以包括下面的一个或多个: 子例程、功能、过程、对象方法、对象实现、可执行应用、小程序、servlet、源代码、对象代码、共享库 / 动态加载库和 / 或为在计算机系统上执行而设计的其他指令序列。

[0074] 计算机程序可以存储在计算机可读存储介质内部, 或者经由计算机可读传输介质传送到计算机系统。可以在永久地、可移动地或远程地耦合到信息处理系统的计算机可读介质上提供全部或一些计算机程序。例如, 计算可读介质可以包括, 例如但不是限制, 下述的任何多个: 磁存储介质, 包括磁盘和磁带存储介质; 光学存储介质, 诸如光盘介质 (例如, CD-ROM、CD-R 等等), 以及数字视频盘存储介质; 非易失性存储介质, 包括基于半导体的存储单元, 诸如闪速存储器、EEPROM、EPROM、ROM; 铁磁数字存储器; MRAM; 易失性存储介质, 包括寄存器、缓冲器或高速缓存, 主存储器, RAM 等等; 以及数据传输介质, 包括计算机网络、点对点电信设备, 以及载波传输介质, 仅举几个例子。

[0075] 计算机处理通常包括执行 (运行) 程序或程序的一部分、当前程序值和状态信息, 以及由操作系统管理处理的执行所使用的资源。操作系统 (OS) 是管理计算机资源的共享并且向编程者提供用于访问那些资源的接口的软件。操作系统处理系统数据和用户输入, 并且通过分配和管理任务和内部系统资源进行响应, 作为对用户和系统程序的服务。

[0076] 例如, 计算机系统可以包括至少一个处理单元, 关联的存储器和多个输入 / 输出 (I/O) 设备。当执行计算机程序时, 计算机系统根据计算机程序来处理信息并且经由 I/O 设备来生成得到的输出信息。

[0077] 在前述说明书中, 参照本发明的实施例的特定示例描述了本发明。然而, 将明显的是, 在不脱离如所附权利要求中阐述的本发明的较宽精神和范围的情况下, 可以在其中进行各种修改和改变。

[0078] 在此讨论的连接可以是适合例如经由中间设备从相应节点、单元或设备传输信号, 或者向相应节点、单元或设备传输信号的任何类型的连接。因此, 除非暗示或另外说明, 否则连接可以是直接连接或间接连接。参照单个连接、多个连接、单向连接或双向连接来图示或描述连接。然而, 不同实施例可以改变连接的实现。例如, 可以使用单独的单向连接,

而不是双向连接,并且反之亦然。另外,可以使用连续或者以时间复用方式传输多个信号的单个连接代替多个连接。类似地,携带多个信号的单个连接可以被分为携带这些信号的子集的多个不同连接。因此,对于传输信号,存在很多选项。

[0079] 本领域的技术人员将认识到逻辑块间的边界仅是说明性的,并且替代实施例可以合并逻辑块或电路元件或者在各种逻辑块或电路元件上实行替代的功能分解。因此,应当理解,在此描述的架构仅是示例性的,并且事实上,可以实现达到相同功能的许多其他架构。例如,可以使用更多或更少层不同地实现所示出的 ANFIS 模块结构。并且只要可以达到相同功能,则可以合并或进一步拆分音频通信设备 10 的单元和模块。

[0080] 有效地“关联”实现相同功能的部件的任何排列,使得实现所期望的功能。因此,在此组合以实现特定功能的任何两个部件能够看作彼此“关联”,使得实现所期望的功能,而与架构或内部组件无关。同样地,如此关联的任何两个部件也能看作彼此“可操作地连接”、或“可操作地耦合”以实现所期望的功能。

[0081] 此外,本领域的技术人员将认识到上述操作之间的边界仅是说明性的。可以将多个操作组合成单个操作,可以将单个操作分布在另外的操作中,并且可以在时间上至少部分重叠地执行操作。此外,替代实施例可以包括特定操作的多个实例,以及在不同的其他实施例中,可以更改操作的顺序。

[0082] 而且,例如,在一个实施例中,所图示的示例可以被实现为位于单集成电路上或相同设备内的电路。例如,音频通信设备 10 可以被实现为单集成电路。替代地,示例可以被实现为任何数目的单独集成电路或者以适当的方式实现为彼此互连的单独设备。例如,分析或提取单元 18 和外推单元 24 和合成单元 30 可以被实现为单独的集成电路。

[0083] 另外,例如,示例或其一部分可以被实现为物理电路的或可转换成物理电路的逻辑表示的软件或代码表示,诸如任何适当类型的硬件描述语言。

[0084] 另外,本发明不限于在非可编程硬件中实现的物理设备或单元,而也可以应用于能够通过根据适当的程序代码来操作从而执行所期望的设备功能的可编程设备或单元中,诸如主机、微型计算机、服务器、工作站、个人计算机、笔记本、个人数字助理、电子游戏、汽车和其他嵌入式系统、手机和各种其他无线设备,在本申请中通常表示为“计算机系统”。

[0085] 然而,其他修改、变型和替代也是可能的。相应地,说明书和附图应当被认为是说明性而非限制性含义。

[0086] 在权利要求中,括号之间放置的任何参考符号不应该被解释为限制权利要求。词语“包括”不排除除了在权利要求中列出的之外存在其他元件或者步骤。此外,在此使用的术语“一”被定义为一个或多于一个。另外,权利要求中使用诸如“至少一个”和“一个或多个”的引用短语不应该被解释为暗指由不定冠词“一”引入的另一权利要求要素将包含这样引入的权利要求元素的任何特定权利要求限制到仅包含一个这样要素的发明,即使当相同的权利要求包含引入短语“一个或多个”或“至少一个”以及诸如“一”的不定冠词。这对使用定冠词同样成立。除非另有说明,在此使用的诸如“第一”和“第二”的术语任意地区分这样的术语描述的元素。因此,这些术语不一定意在指示这样的要素在时间上或其他上的优先级。在相互不同的权利要求中记载特定测量的事实不指示这些测量的组合不能加以利用。

[0087] 尽管已经结合具体设备描述了本发明的原理,但是应当清楚地理解,通过示例方

---

式作出该描述,而不作为对本发明的范围的限制。

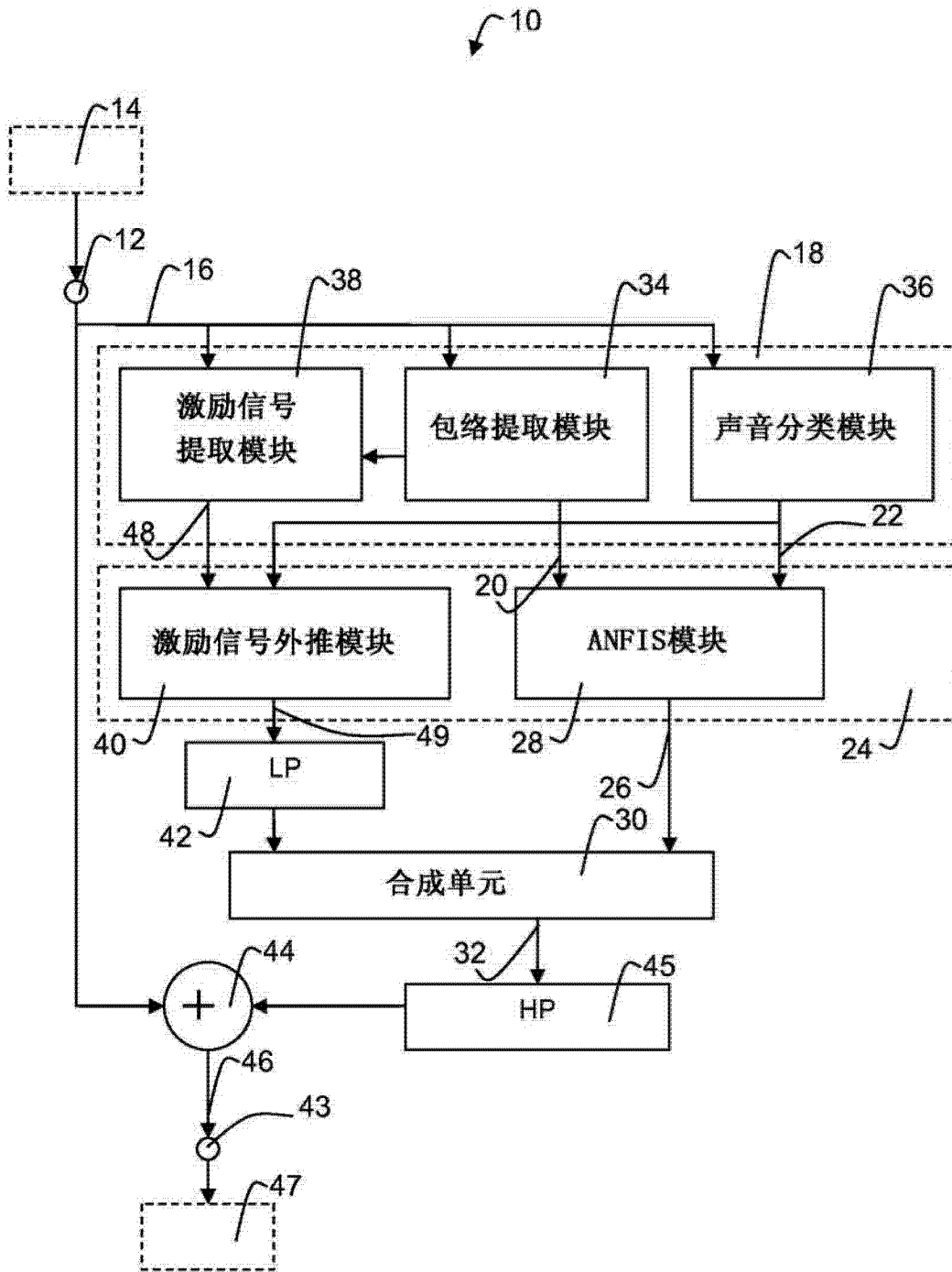


图 1

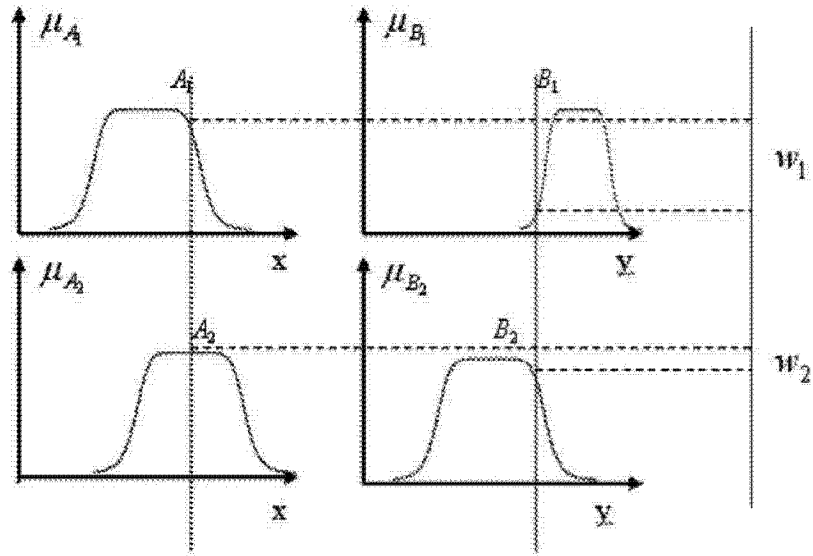
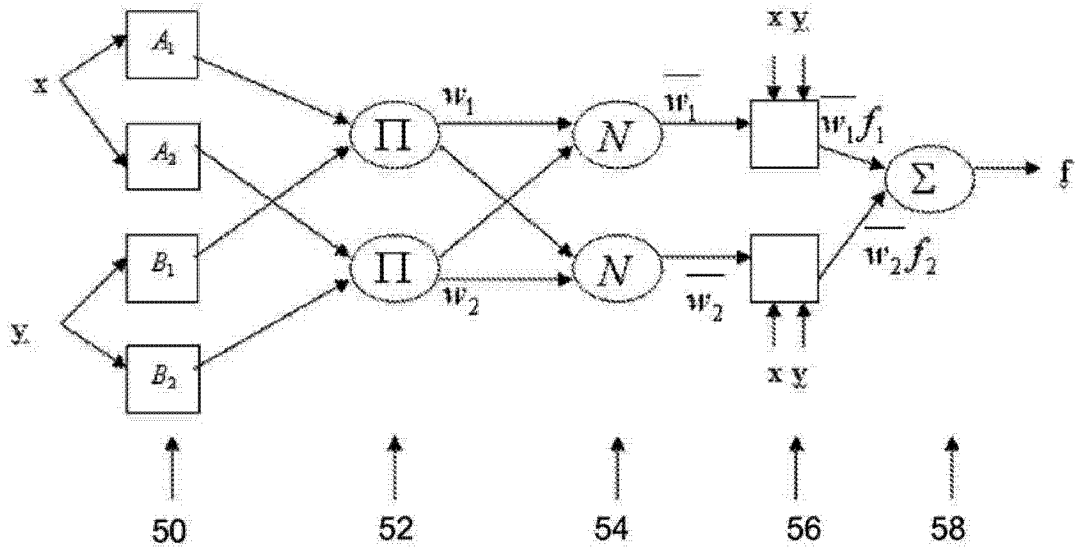


图 2



(现有技术)

图 3

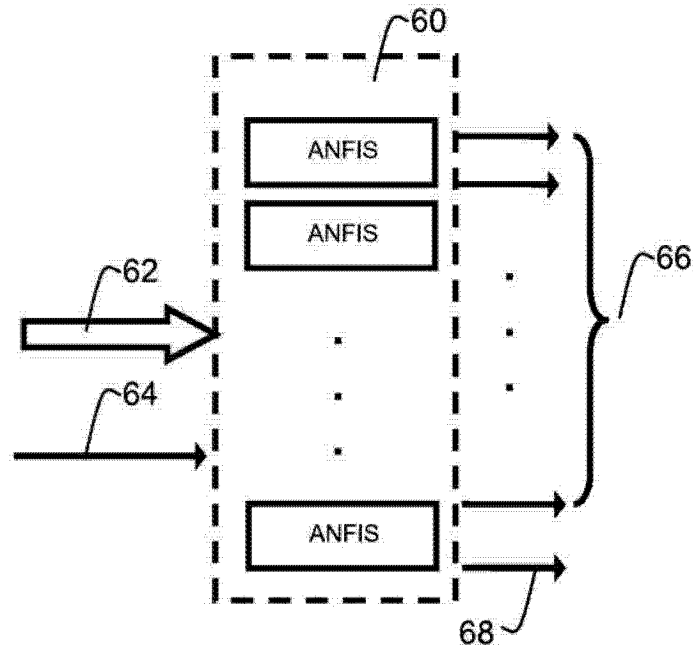


图 4

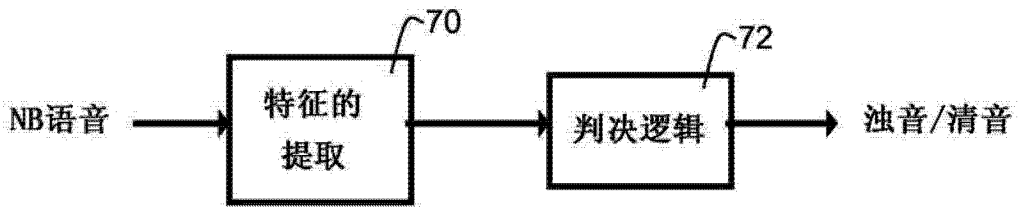


图 5

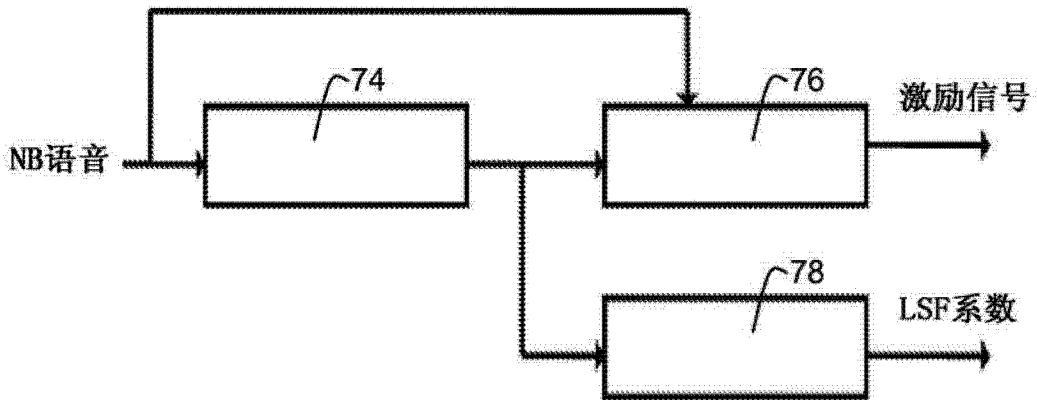


图 6

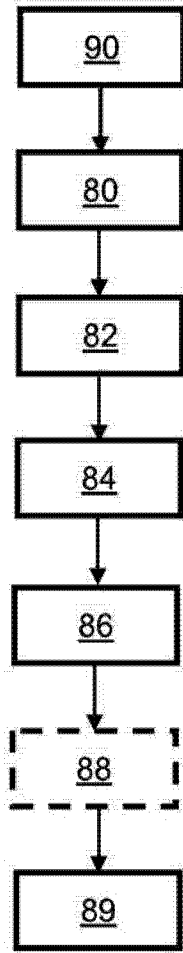


图 7

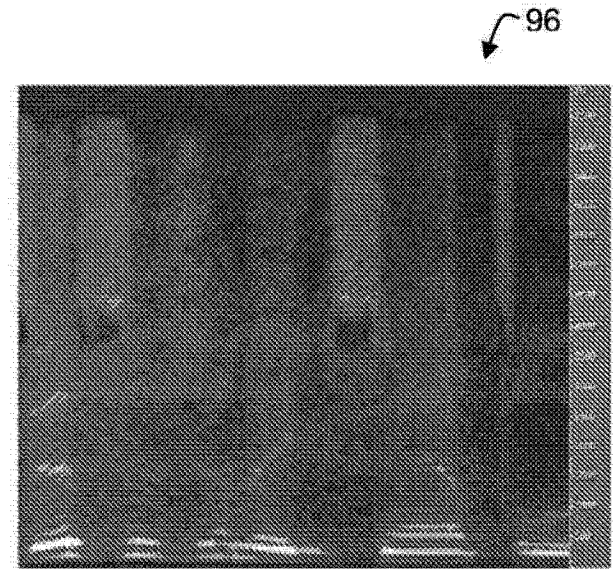
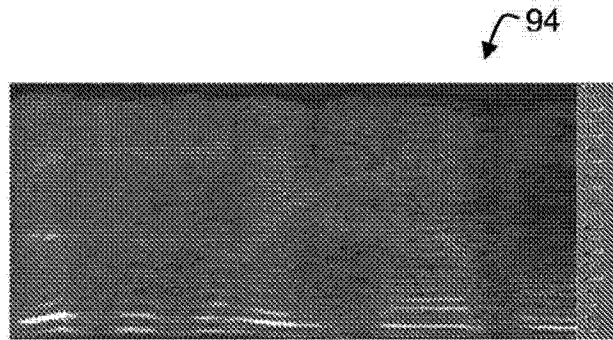
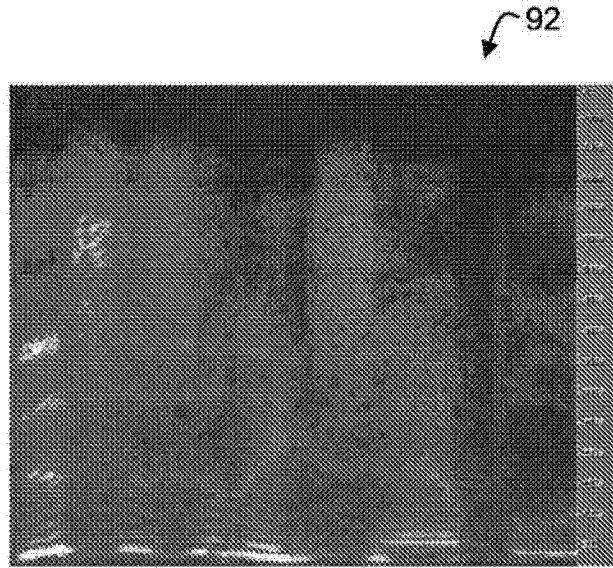


图 8



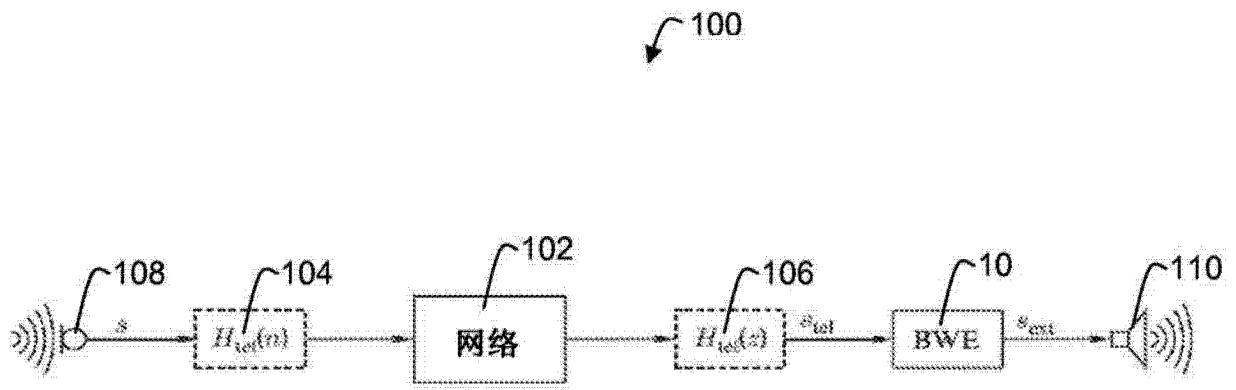


图 9