

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G10L 21/04 (2006.01)

G10L 19/04 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 02814745.6

[45] 授权公告日 2006 年 8 月 16 日

[11] 授权公告号 CN 1270292C

[22] 申请日 2002.7.26 [21] 申请号 02814745.6

[30] 优先权

[32] 2001.7.26 [33] JP [31] 226751/2001

[86] 国际申请 PCT/JP2002/007605 2002.7.26

[87] 国际公布 WO2003/010752 日 2003.2.6

[85] 进入国家阶段日期 2004.1.20

[71] 专利权人 日本电气株式会社

地址 日本东京都

[72] 发明人 小泽一范

审查员 刘亚斌

[74] 专利代理机构 北京东方亿思知识产权代理有限公司

代理人 柳春雷 李其华

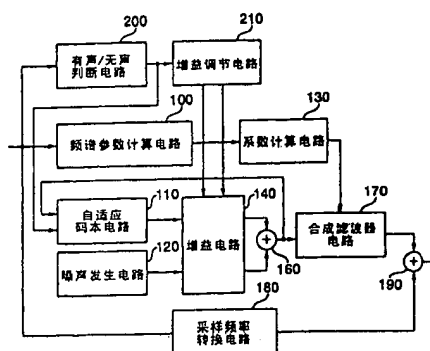
权利要求书 3 页 说明书 8 页 附图 3 页

[54] 发明名称

语音带宽扩展装置及语音带宽扩展方法

[57] 摘要

频谱参数计算电路(100)将已解码的再现语音信号分割成帧,按每帧计算出频谱参数。系数计算电路(130)求出已转换到高频率并已扩展频率带宽的滤波器系数,并将其输出到合成滤波器电路(170)。加法器(160)将与帧长等时间长度的噪声信号和基于过去的声源信号的自适应码向量相加,并将得到的声源信号向合成滤波器电路(170)输出。加法器(190)将已扩展频率带宽的声源信号相加到将所述再现语音信号以高频率成分的采样频率转换的信号中,从而再现已扩展频率带宽的语音信号并输出。



1. 一种语音带宽扩展装置，其特征在于，该装置由如下部分构成：

频谱参数计算电路，输入已解码的再现语音信号，并计算表示频谱特

5 性的频谱参数；

系数计算电路，将所述频谱参数的频率转换为高频率之后，根据频率转换为高频率的所述频谱参数，求出扩展了频率带宽的滤波器系数；

有声 / 无声判断电路，输入所述再现语音信号并输出有声 / 无声判断信息以及音调周期；

10 增益调节电路，根据所述有声 / 无声判断信息输出增益；

自适应码本电路，输入所述音调周期并根据过去的声源信号产生自适应码向量；

噪声发生电路，产生带宽被限制的噪声信号；

15 增益电路，输入所述自适应码向量和所述噪声信号，并向其中至少一个施加所述增益调节电路输出的增益；

第一加法器，对所述增益电路的输出进行加法运算，并输出声源信号；

合成滤波器电路，使所述声源信号通过利用多个所述滤波器系数组成的合成滤波器，从而输出已扩展频率带宽的声源信号；

20 采样频率转换电路，输入所述再现语音信号并输出以预定的采样频率转换的信号；

第二加法器，将所述采样频率转换电路的输出与所述合成滤波器电路的输出相加，并输出已扩展带宽的再现语音信号。

2. 一种语音带宽扩展装置，其特征在于，该装置由如下部分构成：

频谱参数计算电路，输入已解码的再现语音信号，并计算表示频谱特

25 性的频谱参数；

系数计算电路，将所述频谱参数的频率转换为高频率之后，根据频率转换为高频率的所述频谱参数，求出扩展了频率带宽的滤波器系数；

有声 / 无声判断电路，输入所述再现语音信号并输出有声 / 无声判断信息；

增益调节电路，根据所述有声 / 无声判断信息输出增益；

噪声发生电路，产生带宽被限制的噪声信号；

增益电路，输入所述噪声信号并输出施加了所述增益调节电路输出的增益的声源信号；

- 5 合成滤波器电路，使所述声源信号通过利用多个所述滤波器系数组成的合成滤波器，从而输出已扩展频率带宽的声源信号；

采样频率转换电路，输入所述再现语音信号并输出以预定的采样频率转换的信号；

- 10 加法器，将所述采样频率转换电路的输出与所述合成滤波器电路的输出相加，并输出已扩展带宽的再现语音信号。

3. 如权利要求 1 或 2 所述的语音带宽扩展装置，其特征在于，所述频谱参数计算电路在将所述再现语音信号分割成帧之后，按每帧对表示频谱特性的所述频谱参数进行预定阶数的计算并输出。

- 15 4. 如权利要求 1 或 2 所述的语音带宽扩展装置，其特征在于，所述系数计算电路在将所述频谱参数的频率转换为高频率之后，根据频率转换为高频率的所述频谱参数，求出预定阶数的滤波器系数、即线性预测系数，并将其输出。

- 20 5. 如权利要求 3 所述的语音带宽扩展装置，其特征在于，自适应码本电路输入所述音调周期，按每帧根据过去的声源信号输出自适应码本的自适应码向量。

6. 如权利要求 3 所述的语音带宽扩展装置，其特征在于，所述噪声发生电路产生下述噪音信号，即，频率带宽被限制的、平均振幅被以预定的电平标准化的、并与帧长等时间长度的噪音信号。

- 25 7. 一种语音带宽扩展方法，对已解码的再现语音信号的频率带宽进行扩展，其特征在于，

将输入的再现语音信号分割成帧，

将按每帧求得的频谱参数的频率转换为高频率，然后根据频率转换为高频率的所述频谱参数，求出扩展了频率带宽的滤波器系数、即线性预测系数，

使声源信号通过由多个所述滤波器系数组成的合成滤波器，从而形成已扩展频率带宽的声源信号，其中，所述声源信号是将与帧长等时间长度的噪声信号和基于过去的声源信号的自适应码向量相加得到的，

- 5 输入所述再现语音信号，并输出以预先确定的采样频率进行变换所得的信号，将所述变换得到的信号与所述已扩展频率带宽的声源信号相加，再现出扩展了频率带宽的语音信号。

语音带宽扩展装置及语音带宽扩展方法

5 技术领域

本发明涉及语音带宽扩展装置，特别涉及一种将以低比特率编码的语音信号解码后，扩展其再现频率带宽，从而改善听觉音质的语音带宽扩展装置。

10 背景技术

以往，作为语音带宽扩展方式，公知有如下方式，即对以低比特率编码的语音信号，不从发送方传送有关带宽扩展的辅助信息，而在接收方对再现频率带宽进行扩展。例如 P. Jax 以及 P. Vary 等所著的题为“Wideband extension of telephone speech using hidden markov model”的论文（Proc. IEEE Speech Coding Workshop, pp. 133 - 135, 2000.）。

所述现有方式为了进行根据广带宽语音的频谱包络或者滤波器系数的 HMM（马尔科夫模型）的模型化，需要预先在离线状态下基于庞大的语音数据库确定 HMM 模型的参数。并且，为了在接收方实时进行频率带宽的扩展处理，在根据 HMM 模型的检索中将需要很大的运算量。

上述现有的语音带宽扩展装置存在以下问题，即，为了确定 HMM 模型的参数，不得不引用庞大语音数据库。此外，还有下述缺点：即，为了在接收方实时进行频率带宽的扩展处理，在 HMM 模型的检索中将需要很大的运算量。

25 发明内容

本发明的目的在于，提供一种语音带宽扩展装置，该装置不必从发送方接收辅助信息，并以较少的运算量就可得到扩展了频率带宽的具有良好音质的语音。为实现上述目的，只要如下进行即可：将输入的再现语音信号分割成帧，转换按每帧求得的频谱参数的频率，并以多个已扩展带宽的

线性预测系数组成合成滤波器，再利用通过合成滤波器的声源信号再现扩展了带宽的语音信号。

本发明的语音带宽扩展装置，其特征在于，该装置由如下部分构成：
频谱参数计算电路，输入已解码的再现语音信号，并计算表示频谱特性的
5 频谱参数；系数计算电路，求出所述频谱参数的频率已转换到高频率并已
扩展频率带宽的滤波器系数；有声/无声判断电路，输入所述再现语音信号
并输出有声/无声判断信息以及音调周期；增益调节电路，根据所述有声/
无声判断信息输出增益；自适应码本电路，输入所述音调周期并根据
过去的声源信号产生自适应码向量；噪声发生电路，产生带宽被限制的噪
10 声信号；增益电路，输入所述自适应码向量和所述噪声信号，并向其中至
少一个施加合适的增益；第一加法器，对所述增益电路的输出进行加法运
算，并输出声源信号；合成滤波器电路，使所述声源信号通过利用多个所
述滤波器系数组成的合成滤波器，从而输出已扩展频率带宽的声源信号；
采样频率转换电路，输入所述再现语音信号并输出以预定采样频率转换的
15 信号；第二加法器，将所述采样频率转换电路的输出与所述合成滤波器电
路的输出相加，输出已扩展带宽的再现语音信号。

此外，本发明的语音带宽扩展装置，其特征在于，该装置由如下部分
构成：频谱参数计算电路，输入已解码的再现语音信号，并计算表示频谱
特性的频谱参数；系数计算电路，求出所述频谱参数的频率已转换到高
20 频率并已扩展频率带宽的滤波器系数；有声/无声判断电路，输入所述再
现语音信号并输出有声/无声判断信息；增益调节电路，根据所述有声/
无声判断信息输出增益；噪声发生电路，产生带宽被限制的噪声信号；
增益电路，输入所述噪声信号并输出施加了合适增益的声源信号；合成滤波器
电路，使所述声源信号通过利用多个所述滤波器系数组成的合成滤波器，
25 从而输出已扩展频率带宽的声源信号；采样频率转换电路，输入所述再
现语音信号并输出以预定采样频率转换的信号；加法器，将所述采样频率
转换电路的输出与所述合成滤波器电路的输出相加，并输出已扩展带宽的
再现语音信号。

此外，所述频谱参数计算电路的特征在于，所述电路在将所述再现语

音信号分割成帧之后，按每帧对表示频谱特性的所述频谱参数进行预定阶数的计算并输出。

此外，所述系数计算电路的特征在于，所述电路转换出所述频谱参数的频率已转换为高频率的、预定阶数的滤波器系数（线性预测系数）并输出。

此外，自适应码本电路的特征在于，所述电路输入所述音调周期，按每帧根据过去的声源信号输出自适应码本的自适应码向量。

此外，所述噪声发生电路的特征在于，所述电路产生下述噪音信号，即，频率带宽被限制的、平均振幅被以预定的电平标准化的、并与帧长等时间长度的噪音信号。

此外，本发明的语音带宽扩展方法，对已解码的再现语音信号的频率带宽进行扩展，其特征在于，将输入的再现语音信号分割成帧，转换为滤波器系数（线性预测系数），即为，按每帧求得的频谱参数的频率已转换为高频率、并已扩展频率带宽的滤波器系数，使声源信号通过由多个所述滤波器系数组成的合成滤波器，从而形成已扩展频率带宽的声源信号，其中，所述声源信号是将与帧长等时间长度的噪声信号和基于过去的声源信号的自适应码向量相加得到的。在将所述再现语音信号以高频率成分的采样频率转换的信号上，加上所述已扩展的声源信号，从而再现已扩展频率带宽的语音信号。

附图说明

图 1 是表示本发明语音带宽扩展装置的一个实施例的方框图。

图 2 是表示本发明语音带宽扩展装置的另一实施例的方框图。

图 3 是表示本发明语音带宽扩展装置的再一实施例的方框图。

具体实施方式

下面，参照附图说明本发明的实施例。图 1 是表示本发明语音带宽扩展装置的一个实施例的方框图。

图 1 所示的本实施例由如下部分构成：频谱参数计算电路 100，该电

路输入已解码的再现语音信号，并计算表示频谱特性的频谱参数；系数计算电路 130，该电路求出频谱参数的频率已转换为高频率并已扩展频率带宽的滤波器系数；有声 / 无声判断电路 200，该判断电路输入再现语音信号并输出有声 / 无声判断信息以及音调周期；增益调节电路 210，该电路
5 根据有声 / 无声判断信息输出增益；自适应码本电路 110，该电路输入音调周期并根据过去的声源信号产生自适应码本；噪声发生电路 120，该电路产生带宽被限制的噪声信号；增益电路 140，该增益电路输入自适应码向量和噪声信号并向其中至少一个施加合适的增益；加法器 160，该加法器对增益电路 140 的输出进行加法运算并输出声源信号；合成滤波器电路
10 170，该电路使声源信号通过合成滤波器并输出扩展了频率带宽的声源信号，其中，所述合成滤波器是利用多个滤波器系数组成的；采样频率转换电路 180，该电路输入再现语音信号并输出以预定的采样频率转换的信号；加法器 190，该加法器将采样频率转换电路 180 的输出与合成滤波器电路 170 的输出相加，输出已扩展带宽的再现语音信号。

15 下面，参照图 1 对本实施例语音带宽扩展装置的动作进行详细说明。在以下的说明中，假设频率带宽的扩展是将输入的再现语音信号的频率带宽从 4kHz 扩展到 5kHz 或者 7kHz。

参照图 1，频谱参数计算电路 100 输入已解码的再现语音信号，并将其分割成帧（例如 10ms），然后，（例如 $P = 10$ 次）按每帧对表示频谱
20 特性的频谱参数进行预定阶数的计算，并输出到系数计算电路 130。

这里，在频谱参数的计算中，可利用公知的 LPC（线性预测编码）分析、或 Burg 分析等。在本实施例中，使用 Burg 分析。对于 Burg 分析的详细内容，由于在中沟（人名）所著的题为“信号分析与系统鉴别”的单行本（corona（コロナ）公司 1998 年刊）的 82~87 页中已有记载，所以省
25 略对其说明。

另外，频谱参数计算电路 100，将由 Burg 法计算的线性预测系数 α_i ($i = 1, \dots, P$) 转换为适于量化或插值的 LSP 参数并输出。

这里，从线性预测系数向 LSP 参数的转换，可以参考菅村（人名）等所著的题为“利用线谱对（LSP）语音分析合成方法的语音信息压缩”的

论文（电子通信学会论文杂志、J64 - A . pp . 599 - 606 . 1981 年）。

系数计算电路 130 输入从频谱参数计算电路 100 输出的 LSP 参数，并将其转换为已扩展频率带宽的信号的系数，输出到合成滤波器电路 170。在此转换中，例如，可以使用对 LSP 参数的频率仅进行高频率转换的方法、非线性转换方法、或者线性转换法等公知的方法。并且，在这里使用 LSP 参数的全部或者一部分，并在将 LSP 参数的频率转换为高频率之后，将其转换为预定阶数 M 的线性预测系数（滤波器系数）。

有声 / 无声判断电路 200 输入已解码的再现语音信号，并判断每帧的信号是有声还是无声。下面，叙述具体的判断方法。如果标准化自相关函数 $D(T)$ 的最大值比预定的阈值大，则可判断所述每帧的信号为有声部分，如果小，则判断其为无声部分。关于再现语音信号 $x(n)$ 的、到预定的延迟时间 m 为止的标准化自相关函数 $D(T)$ 可利用如下所示的公式 (1) 计算。判断出的有声 / 无声判断信息被输入到增益调节电路 210。此外，有声部分每帧的信号，将使标准化自相关函数 $D(T)$ 最大的 T 值作为音调周期 T 输出到自适应码本电路 110。并且，在所述算式 (1) 中， N 是用于计算标准化自相关的采样数。

$$D(T) = \left[\sum_{n=0}^{N-1} x(n)x(n-T) \right] / \left[\sum_{n=0}^{N-1} x^2(n-T) \right] \quad (1)$$

增益调节电路 210 从有声 / 无声判断电路 200 输入有声 / 无声判断信息，并根据是有声部分还是无声部分，向增益电路 140 输出自适应码本信号的增益和噪声信号的增益。

自适应码本电路 110 从有声 / 无声判断电路 200 输入自适应码本的音调周期，生成自适应码向量并输出。自适应码本电路 110 还根据过去的声源信号生成自适应码本成分。

噪声发生电路 120 产生下述噪音信号，即，在频率带宽已被限制的基础上，平均振幅被以预定的电平标准化的、并与帧长等时间长度的噪音信号，然后将其输出到增益电路 140 中。这里，作为噪声信号的一个例子，使用了白色噪声，但也可以使用具有其他统计分布的噪声信号。

增益电路 140 输入从增益调节电路 210 输出的自适应码本信号的增益

和噪声信号的增益，对于从自适应码本电路 110 输出的自适应码向量以及从噪声发生电路 120 输出的噪声信号，至少对其中的一个乘上合适的增益，然后将各个信号输出到加法器 160 中。

加法器 160 将相加从增益电路 140 输出的两种信号而得到的声源信号
5 输出到滤波器电路 170 以及自适应码本电路 110 中。

合成滤波器电路 170 输入从系数计算电路 130 所输出的阶数 M 的线性预测系数（滤波器系数），并组成合成滤波器。合成滤波器电路 170 输入从加法器 160 输出的声源信号并输出已扩展频率带宽的声源信号。

采样频率转换电路 180 输入再现语音信号，输出以预定整数倍的采样
10 频率转换的信号。转换而成的信号保持频率扩展前的成分。

加法器 190 在从采样频率转换电路 180 输出的信号上加上从合成滤波器电路 170 输出的声源信号，从而形成已扩展频率带宽的再现语音信号并输出。

根据本实施例，将输入的再现语音信号分割成帧，将其转换为滤波器
15 系数（线性预测系数），即为，按每帧求得的频谱参数、或者 LSP 参数的频率已转换为高频率并已扩展频率带宽的滤波器系数，并且将与帧长等时间长度的噪声信号与基于过去的声源信号的自适应码向量相加，并使得到的声源信号通过由该合成系数构成的合成滤波器，形成已扩展频率带宽的声源信号，然后在已扩展的声源信号上加上下述信号，即，将所输入的
20 再现语音信号以高频率成分的采样频率转换而得到的信号，由此再现出已扩展频率带宽的语音信号，因而不必从发送方接收用于带宽扩展的信息，并且，不必像现有方法那样需要进行基于 HMM 的大量运算。另外，由于使用白色噪声等作为声源信息，所以可以非常容易地进行处理。

下面，对本发明另一的实施例进行说明。图 2 是表示本发明语音带宽
25 扩展装置其他实施例的方框图。由于标有与图 1 相同标号的结构单元进行与图 1 相同的动作，因而省略其说明。

在图 2 中，增益调节电路 310 从有声 / 无声判断电路 200 输入有声 / 无声判断信息，并根据是有声部分还是无声部分，将调整噪声信号增益的信号输出到增益电路 300 中。

增益电路 300 输入从增益调节电路 310 输出的噪声信号的增益，并给从噪声发生电路 120 所输出的噪声信号乘上增益，并将得到的信号输出到合成滤波器电路 170 中。

5 这里，图 1 所示的自适应码本电路 110 用于产生语音信号的元音等中所包含的周期成分。另外，由于所述元音信号通常不会达到高频率，因而在语音带宽扩展装置中也可将其省略。因此，由于取消自适应码本电路 110，所以可以减少数据处理量。

下面，对本发明另外的其他实施例进行说明。图 3 是表示本发明语音带宽扩展装置其他实施例的方框图。

10 上述另一实施例中的语音带宽扩展装置，如图 3 所示将语音解码器配置在前段部分，其中，所述语音解码器由如下部分构成：信号分离器 505、增益解码电路 510、自适应码本电路 520、声源信号恢复电路 540、频谱参数解码电路 570、加法器 550、合成滤波器电路 550、增益码本 380、声源码本 351。

15 这里，频谱参数解码电路 570 兼备如图 1 所示的频谱参数计算电路 100 的动作。由此，简化了结构。此外，由于标有与图 1 相同标号的结构单元进行与图 1 相同的动作，因而省略其说明。

在图 3 中，信号分离器 505 从接收的信号中分离并输出作为语音信息的被多路传输的表示增益码向量的索引、表示自适应码本延迟的索引、声源信号的信息和声源码向量的索引以及频谱参数的索引等。

20 增益解码电路 510 输入表示增益码向量的索引，根据索引从增益码本 380 读取增益码向量，并输出读取的增益码向量。

自适应码本电路 520 输入表示自适应码本的延迟的索引并生成自适应码向量，给该自适应码向量乘上自适应码本的增益，然后将得到的自适应码向量输出，其中，该自适应码本的增益由增益解码电路 510 所输出的增益码向量构成。并且，根据过去的驱动声源信号生成自适应码本成分。

25 声源信号恢复电路 540 利用从信号分离器 505 接收的声源码向量的索引、声源信号的信息以及从声源码本 351 读出的极性码向量，生成声源脉冲，并将该声源脉冲输出到加法器 550 中。

加法器 550 利用从自适应码本电路 520 输出的自适应码向量和从声源信号恢复电路 540 输出的声源脉冲, 根据以下用数字 2 表示的公式 (2) 生成驱动声源信号 $v(n)$, 并将该驱动声源信号 $v(n)$ 输出到自适应码本电路 520 和合成滤波器电路 560。

$$5 \quad v(n) = \beta'_i v(n-T) + G'_i \sum_{i=1}^M g'_{ik} \delta(n-m_j) \quad (2)$$

频谱参数解码电路 570 输入频谱参数的索引后对频谱参数进行解码, 并将其转换为线性预测系数, 输出到合成滤波器电路 560 以及系数计算电路 130 中。

合成滤波器电路 560 输入从频谱参数解码电路 570 输出的线性预测系数 α_i 和从加法器 550 输出的驱动声源信号 $v(n)$, 根据下面的数字 3 所示的公式 (3) 计算并输出再现信号 $x(n)$ 。

$$10 \quad x(n) = v(n) - \sum_{i=1}^{10} \alpha_i x(n-j) \quad (3)$$

工业上的可利用性

如上所述, 根据本发明的语音带宽扩展装置及语音带宽扩展方法, 将已解码的再现语音信号分割成帧, 将按每帧求得的频谱参数的频率转换为高频率, 并且求出已扩展频率带宽的滤波器系数 (线性预测系数), 由此在将频谱参数转换为已扩展了频率带宽的参数时, 由于没有使用以 HMM 为例的现有方法, 因而可减少运算量。

此外, 通过使用将与帧长等时间长度的噪声信号 (白色噪声) 和基于过去的声源信号的自适应码向量相加而得到的声源信号, 能够以较少的信息量非常容易地进行处理。

此外, 通过使声源信号通过由已扩展频率带宽的滤波器系数组成的合成滤波器, 并在得到的已扩展频谱带宽的声源信号中, 加上将再现语音信号以高频率成分的采样频率转换而得到的信号, 从而将已扩展频率带宽的语音信号再现, 因而不必从发送方接收用于进行带宽扩展处理的必要信息, 就可以改善听觉音质。

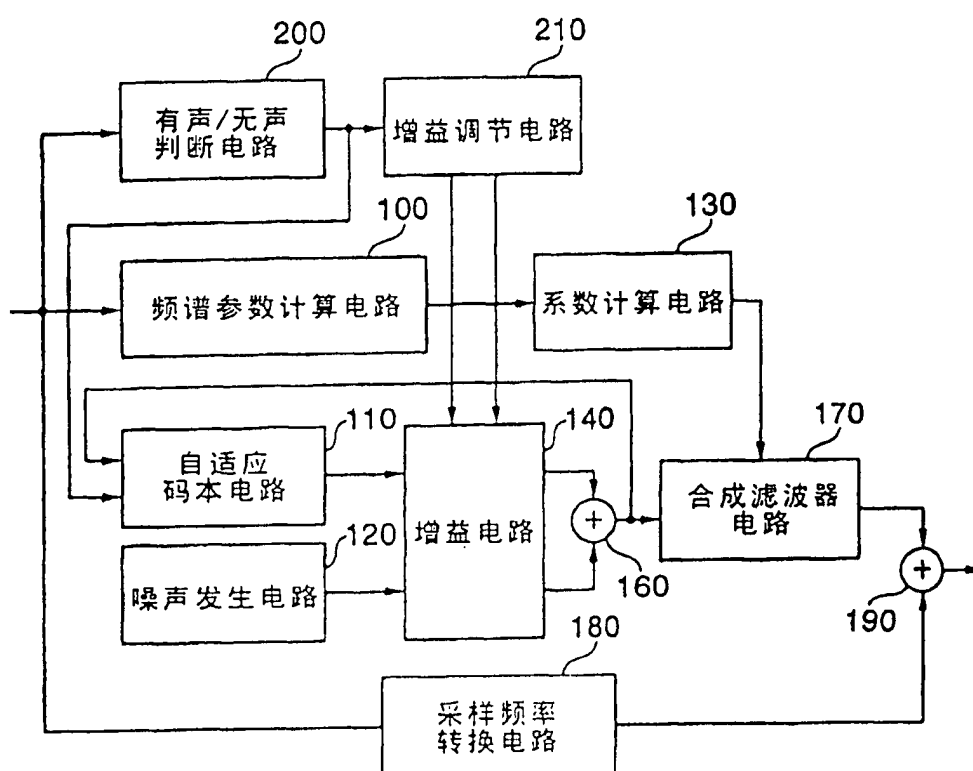


图1

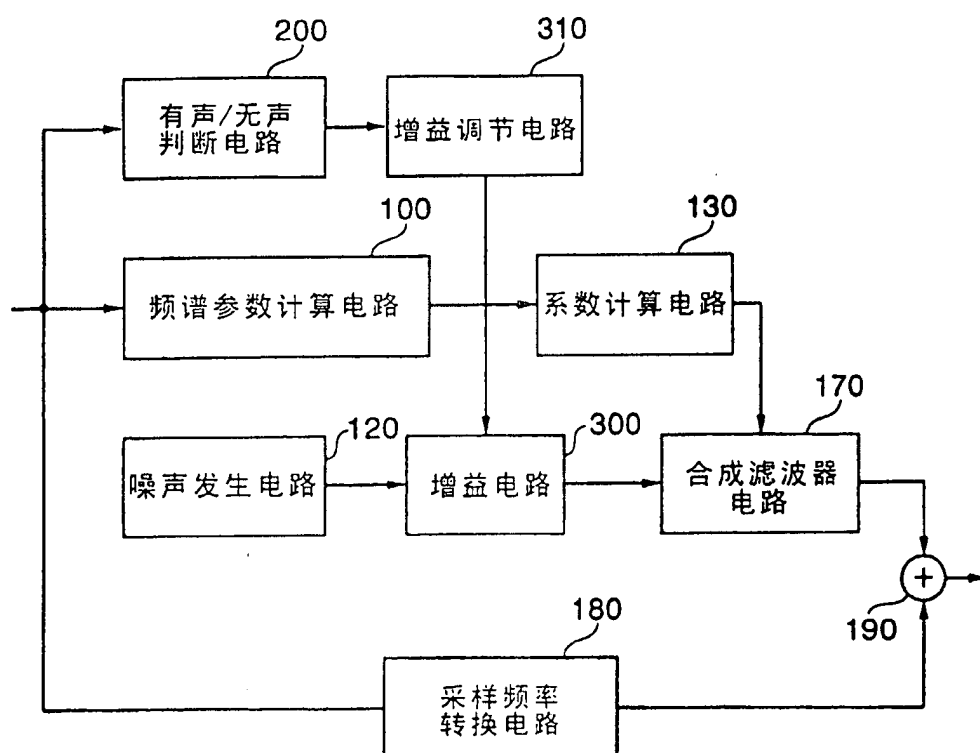


图2

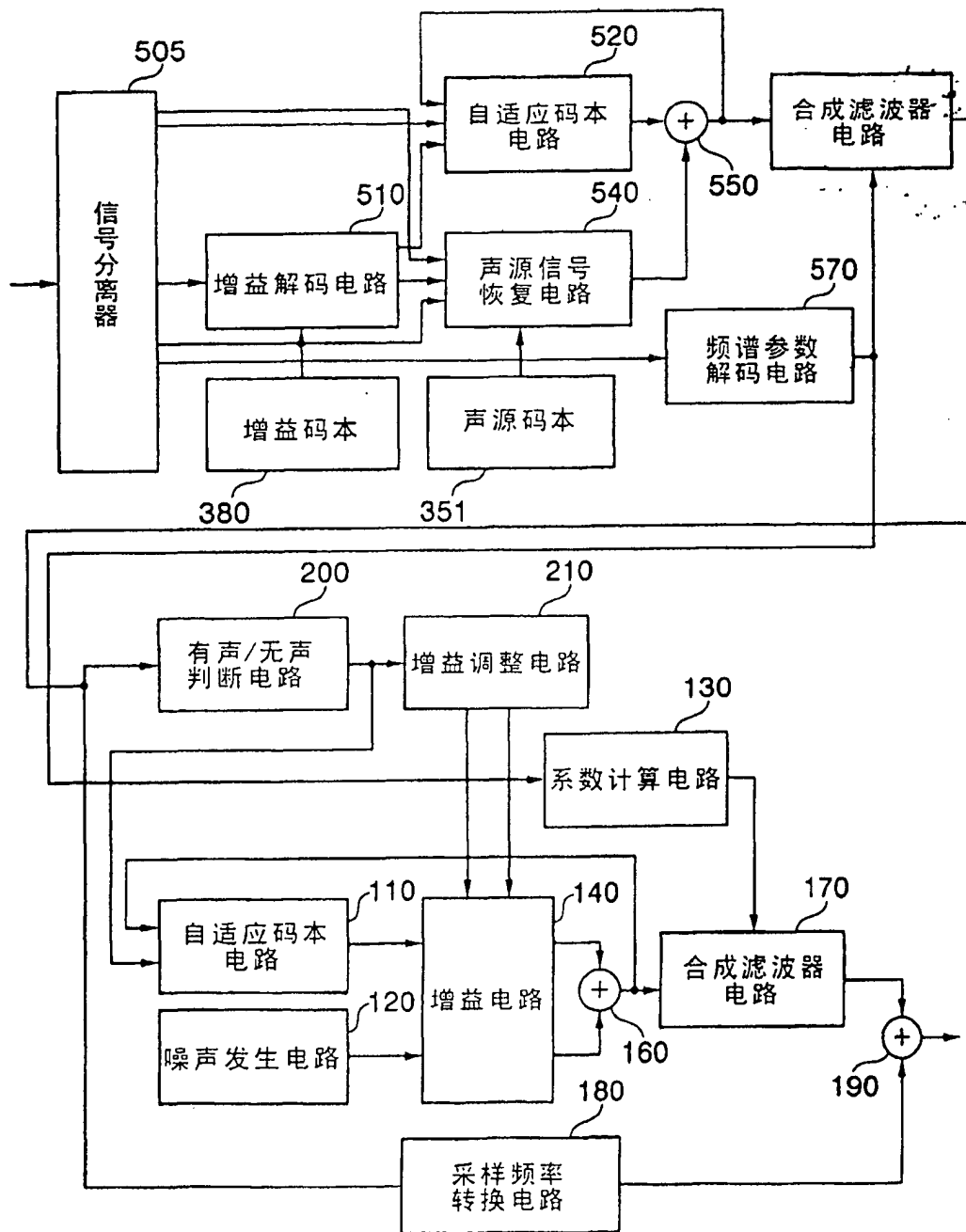


图3