

[19] 中华人民共和国国家知识产权局

[51] Int. Cl.

G10L 19/00 (2006.01)

G10L 19/12 (2006.01)

G10L 19/14 (2006.01)



[12] 发明专利说明书

专利号 ZL 200710194570.9

[45] 授权公告日 2009年8月5日

[11] 授权公告号 CN 100524462C

[22] 申请日 2007.11.24

[21] 申请号 200710194570.9

[30] 优先权

[32] 2007.9.15 [33] CN [31] 200710153955.0

[73] 专利权人 华为技术有限公司

地址 518129 广东省深圳市龙岗区坂田华为总部办公楼

[72] 发明人 许剑峰 苗磊 胡晨 张清
许丽净 李伟 杜正中 杨毅
齐峰岩 詹五洲 王东琦

[56] 参考文献

US5943347A 1999.8.24

CN1489762A 2004.4.14

CN1930607A 2007.3.14

US2005/0143985A1 2005.6.30

CN1484824A 2004.3.24

审查员 冉建国

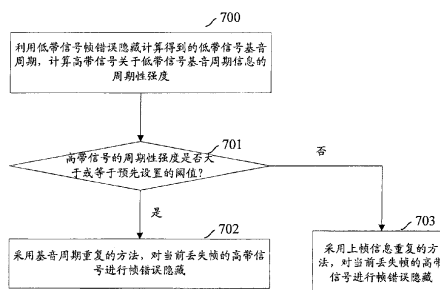
权利要求书 5 页 说明书 18 页 附图 5 页

[54] 发明名称

对高带信号进行帧错误隐藏的方法及装置

[57] 摘要

本发明公开了一种对高带信号进行帧错误隐藏的方法，包括：计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断所述周期性强度是否大于或等于预先设置的阈值，是则采用基音周期重复的方法对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；否则采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。本发明还公开了一种高带信号帧错误隐藏装置和一种语音解码器。使用本发明避免了由于高带信号帧错误隐藏方法而引入的高频噪声或破坏高带信号的周期性，导致的语音信号音质降低的问题。



1、一种对高带信号进行帧错误隐藏的方法，其特征在于，该方法包括：
计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；

判断所述周期性强度是否大于或等于预先设置的阈值，是则采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；否则采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

2、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述低带信号基音周期信息包括低带信号基音周期或低带信号基音周期区间，所述区间以低带信号基音周期减去 m 所得数值和最小基音周期比较的较大值为第一区间边界，以低带信号基音周期加上 m 所得数值和最大基音周期比较的较小值为第二区间边界，其中 m 小于等于 3。

3、如权利要求1或2所述的方法，其特征在于，所述低带信号基音周期信息通过低带信号的帧错误隐藏处理得到。

4、如权利要求3所述的方法，其特征在于，所述低带信号帧错误隐藏处理采用的方法为：基音波形复制方法、基于模型的再生方法或包括基音周期参数的编码器参数插值方法。

5、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度为：利用当前丢失帧的高带信号的历史缓冲，通过自相关函数或采用归一化自相关函数计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度。

6、如权利要求1或5所述的方法，其特征在于，所述基音周期重复的方法为基音波形复制方法、基于波形复制并衰减的方法或基于模型的再生方法。

7、如权利要求6所述的方法，其特征在于，所述基音波形复制并衰减的方法对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏可以包括：根据基音周期对当前帧信号进行复制并对所述复制的信号加正弦窗并衰减得到当前帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的估算值；将所述估算值与上一帧 IMDCT 系数的后半部分

进行叠加并衰减。

8、如权利要求7所述的方法，其特征在于，所述估算值与上一帧反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的后半部分进行叠加并衰减时的衰减系数可以为根据连续丢包数自适应变化的变量。

9、如权利要求1所述的方法，其特征在于，所述上帧数据重复的方法为上帧重复方法、上帧重复并衰减方法或编码器参数插值方法。

10、如权利要求9所述的方法，其特征在于，当前信号为频域数据，所述采用上帧重复并衰减方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏包括：

将当前丢失帧的上帧从频域数据恢复时域数据时的中间数据作为当前丢失帧的相应中间数据，对所述相应中间数据进行衰减，利用所述衰减后的相应中间数据合成为当前丢失帧的时域数据。

11、如权利要求10所述的方法，其特征在于，所述中间数据为反修正离散余弦变换系数 IMDCT 系数时，所述利用所述衰减后的相应中间数据合成为当前丢失帧的时域数据为：

将所述当前丢失帧的 IMDCT 系数和上帧的 IMDCT 系数进行叠加得到当前丢失帧的时域数据。

12、一种高带信号帧错误隐藏装置，其特征在于，该高带信号帧错误隐藏装置包括周期性强度计算模块、基音周期重复模块和上帧数据重复模块，

所述周期性强度计算模块，用于计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断所述周期性强度是否大于预先设置的阈值，是则将当前丢失帧的高带信号传输到所述基音周期重复模块；否则将当前丢失帧的高带信号传输到所述上帧数据重复模块；

所述基音周期重复模块，用于采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；

所述上帧数据重复模块，用于采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

13、如权利要求12所述的高带信号帧错误隐藏装置，其特征在于，所述上

帧数据重复模块包括上帧高带信号复制模块和衰减模块，

所述上帧高带信号复制模块，用于将当前丢失帧的上帧的高带信号复制到当前丢失帧；

所述衰减模块，用于将所述上帧高带信号复制模块复制的上帧的高带信号乘以衰减系数后，得到帧错误隐藏处理后的高带信号。

14、如权利要求 12 所述的高带信号帧错误隐藏装置，其特征在于，所述上帧数据重复模块包括上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块、衰减模块和叠加运算模块，

所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块，用于存储上帧从频率域数据恢复时域数据过程中的反修正离散余弦变换系数 IMDCT 系数；

所述衰减模块，用于将所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数衰减，得到当前丢失帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数；

所述叠加运算模块，用于将所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数和所述衰减模块得到的当前丢失帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数进行叠加运算后，得到当前丢失帧的时域数据。

15、如权利要求 12 所述的高带信号帧错误隐藏装置，其特征在于，所述基音周期重复模块包括：复制模块，衰减模块和叠加运算模块，

所述复制模块用于根据基音周期对当前帧信号进行复制，

所述衰减模块用于所述复制的信号加正弦窗并衰减得到当前帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的估算值，

所述叠加运算模块用于将所述估算值与上一帧反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的后半部分进行叠加并衰减。

16、一种语音解码器，其特征在于，该语音解码器包括：码流解复用模块、低带解码器、高带解码器、低带信号帧错误隐藏装置、高带信号帧错误隐藏装置和合成正交镜像滤波器，

所述码流解复用模块，用于将输入的码流解复用分解为低带码流和高带码流；

所述低带解码器和高带解码器，分别用于将低带码流和高带码流进行解码后，得到低带信号和高带信号；

所述低带信号帧错误隐藏装置，用于对低带信号进行帧错误隐藏处理，得到低带信号的基音周期；

所述高带信号帧错误隐藏装置，用于计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断所述周期性强度是否大于预先设置的阈值，是则采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；否则采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；

所述合成正交镜像滤波器，用于将帧错误隐藏处理后的低带信号和高带信号合成最终输出的语音信号。

17、如权利要求 16 所述的语音解码器，其特征在于，所述高带信号帧错误隐藏装置包括周期性强度计算模块、基音周期重复模块和上帧数据重复模块，

所述周期性强度计算模块，用于计算当前丢失帧的高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断所述周期性强度是否大于预先设置的阈值，是则将当前丢失帧的高带信号传输到所述基音周期重复模块；否则将当前丢失帧的高带信号传输到所述上帧数据重复模块；

所述基音周期重复模块，用于采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；

所述上帧数据重复模块，用于采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

18、如权利要求 17 所述的语音解码器，其特征在于，所述上帧数据重复模块包括上帧高带信号复制模块和衰减模块，

所述上帧高带信号复制模块，用于将当前丢失帧的上帧的高带信号复制到当前丢失帧；

所述衰减模块，用于将所述上帧高带信号复制模块复制的上帧的高带信号

乘以衰减系数后，得到帧错误隐藏处理后的高带信号。

19、如权利要求 17 所述的语音解码器，其特征在于，所述上帧数据重复模块包括上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块、衰减模块和叠加运算模块，

所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块，用于存储上帧从频率域数据恢复时域数据过程中的反修正离散余弦变换系数 IMDCT 系数；

所述衰减模块，用于将所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数衰减，得到当前丢失帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数；

所述叠加运算模块，用于将所述上帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数存储模块的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数和所述衰减模块得到的当前丢失帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数进行叠加运算后，得到当前丢失帧的时域数据。

20、如权利要求 17 所述的语音解码器，其特征在于，所述基音周期重复模块包括：复制模块，衰减模块和叠加运算模块，

所述复制模块用于根据基音周期对当前帧信号进行复制，

所述衰减模块用于所述复制的信号加正弦窗并衰减得到当前帧的反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的估算值，

所述叠加运算模块用于将所述估算值与上一帧反修正离散余弦变换 IMDCT 系数的后半部分进行叠加并衰减。

对高带信号进行帧错误隐藏的方法及装置

技术领域

本发明涉及信号解码技术，具体涉及一种对高带信号进行帧错误隐藏的方法及装置。

背景技术

大多数传统的语音编解码器的语音信号带宽一般较低，例如属于窄带的语音编解码器只有 300Hz-3400Hz 的带宽；只有少数语音编解码器是宽带的，例如语音信号带宽达到 50Hz-7000Hz。由于近来网络技术的发展，网络传输速率越来越高，对宽带语音编解码器需求也越来越多，有的语音编解码器的带宽甚至达到超宽带（50Hz-14000Hz）和全带（20Hz-20000Hz）。

为了使新的宽带语音编解码器与传统的语音编解码能够兼容互通，有的语音编解码器分为多层。以下以包含两层的语音编解码器为例进行说明。

包含两层的语音编解码器的编码端首先通过一个分析正交镜像滤波器将输入信号分为高带信号和低带信号，低带信号输入到低带编码器中进行编码，高带输入信号输入到高带编码器中进行编码。获得的低带数据和高带数据通过码流复用编码器组合成码流，传送出去。低带信号是指信号范围处于信号带宽较低段的信号，高带信号是指信号范围处于信号带宽较高段的信号。例如输入信号带宽为 50Hz-7000Hz，对应的低带信号带宽可以为 50Hz-4000Hz，高带信号带宽可以为 4000Hz-7000Hz。在解码端通过语音解码器进行解码，图 1 为现有的语音解码器结构图，如图 1 所示，码流经过码流解复用分解成低带码流和高带码流，分别输入到低带解码器和高带解码器进行解码，得到低带信号和高带信号。低带信号和高带信号再经过合成正交镜像滤波器，可以合成最终输出的语音信号。

目前网络协议承载语音（VoIP, Voice over IP）应用和无线网络语音应用越来越广泛，语音的传输需要实时可靠的传送较小的数据包。当一个语音帧在传输过程中被丢弃时，通常没有时间重新传送丢弃的帧。同样的，当一个语音帧经过一段较长的路由而在需要播放时不能及时到达，则这个语音帧也失去了存在的意义，相当于一个丢失帧。因此在语音系统中，语音帧不能到达或者不能及时到达，都被认为是丢失帧。

如果对丢失的帧不进行处理，则语音就会出现断续的现象，大大影响语音质量。因此对于帧丢失的情况，需要进行帧错误隐藏处理，即对丢失的语音数据进行估计，用估计的数据替代丢失的数据，则可以在帧丢失环境中获得更好的语音质量。对于解码的时候分为高带信号和低带信号的语音编解码器，一般在帧错误隐藏的时候，也是分别对低带信号和高带信号进行帧错误隐藏，然后再将帧错误隐藏后得到的高带信号和低带信号输入到合成正交镜像滤波器，以合成最终输出的语音信号。

帧错误隐藏从方法上划分为插入、插值、再生等方法。

插入的帧错误隐藏方法包括拼接、静音替代、噪声替代和上帧重复等。其中，上帧重复是利用最近收到的帧替换丢失的帧。这种方法计算复杂度低，性能也不错，随着时间增长，一般会将波形的幅度进行衰减，以减少简单重复引起的不舒适噪声。图2为现有的利用上帧重复的方法进行帧错误隐藏的示意图。如图2所示，当接收到的信号中第 $n+1$ 帧丢失时，对该信号进行帧错误隐藏处理，即利用前一帧即第 n 帧替代丢失的第 $n+1$ 帧。

插值的帧错误隐藏方法包括波形替代、基音波形复制和时域波形修正等。其中，基音波形复制方法的基本依据是人的语音具有一定的周期性。该方法首先利用自相关法检测出基音周期值，然后根据计算得到的基音周期，以一个基音周期的波形的合适长度或重复，作为丢失帧。图3为现有的利用基音波形复制方法进行帧错误隐藏的示意图。如图3所示，接收到的数据中第 $n+3$ 帧丢失，其帧长为 L ，计算得到的基音周期为 t_{fb} 。则在接收到的信

息进行帧错误隐藏时，取一个基音周期中的长度为 L 的波形，作为丢失帧的波形。时域波形修正的方法是在发生帧丢失时，将后续的几个帧进行拉伸，和前面的一帧重叠相加，交接处加窗（例如汉明窗）函数。该方法在丢失帧的接合处听不到“咔嚓”和爆破声，但是会引入较大的时延。

再生方法是利用前面若干帧或前后帧的编码器参数，重新合成丢失的帧。这种帧错误隐藏方法是和编解码算法相关的。该方法又分为编码器参数插值、基于模型的再生方法等。其中，编码器参数插值是用丢失帧前后帧的编码器参数进行插值，得到丢失帧参数的估计值，然后恢复出丢失的帧。例如对于线性预测编码器，首先对前后帧的线性预测编码（LPC，linear predictive coding）系数进行插值，然后判断丢失帧是否具有周期性，对于具有周期性和没有周期性的丢失帧，分别采用周期脉冲激励和随机噪声激励，通过 LPC 滤波器，产生丢失帧的语音信号。基于模型的再生方法是将丢失帧前面的语音或前后语音输入一个再生模型，重新生成丢失帧。最常见的模型是线性预测模型，这种方法要计算线性预测系数、基音周期，具有较高的算法复杂度，但是能够得到比较理想的音质。

图 4 为现有的各种帧错误隐藏方法的音质与运算复杂度的关系。如图 4 所示，基于模型的再生方法的音质和运算复杂度都是最高的，而上帧重复方法的音质较好，运算复杂度也不高。

因为低带信号对音质的影响高于高带信号对音质的影响，因此一般低带信号采用较高复杂度和较高音质的帧错误隐藏算法（例如，基音波形复制、时域波形修正、编码器参数插值和基于模型的再生方法），高带信号可以采用较低复杂度和较低音质的帧错误隐藏算法，这样可以取得音质和复杂度之间的折衷。由于线性预测模型的帧错误隐藏算法具备较好的音质，因此在低带信号中使用对改善音质有很好的作用。

现有技术一的语音解码器中，对低带信号采用基于线性预测模型的帧错误隐藏，而对高带信号使用基音波形复制的方法来进行帧错误隐藏，其中高带信号的帧错误隐藏中使用的基音周期，是低带信号的基音周期。

低带信号计算基音周期值的方法可以基于对低带信号的线性预测分析残差计算自相关函数。自相关函数公式如下：

$$r(i) = \sum_{j=-N}^{-1} e_{lb}(j) e_{lb}(j-i), \quad i = \min_pitch, \dots, \max_pitch$$

其中 $r(i)$ 是关于 i 的自相关函数， $e_{lb}(j)$ 是低带信号关于线性预测分析的残差。 N 是计算自相关函数的窗口，例如可以取一帧语音信号的样点数。 \min_pitch 是基音周期搜索下限， \max_pitch 是基音周期搜索上限。则低带信号基音周期为：

$$t_{lb} = \arg \max_{i=\min_pitch, L, \max_pitch} r(i), \quad \text{即 } t_{lb} \text{ 为使 } r(i) \text{ 最大的 } i \text{ 值。}$$

则基于基音波形复制的高带信号的恢复公式为：

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n-t_{lb}), \quad n = 0, \dots, N-1$$

其中 $s_{hb}(n)$, $n = 0, \dots, N-1$ 是当前丢失帧恢复后的高带信号， N 为一帧包含的样点个数。 $s_{hb}(n)$, $n = -M, \dots, -1$ 是高带信号的历史缓冲， M 是高带信号历史缓冲中的样点个数。

简单的重复周期性，对于大量连续丢帧时，会产生具有过强周期性的信号。有时为了提高主观效果，对恢复的信号要乘以一个衰减系数 α ，此时，基于基音波形复制的高带信号的恢复公式变为

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n-t_{lb}) \cdot \alpha, \quad n = 0, \dots, N-1$$

其中 N 为一帧包含的样点个数，衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数，可以是一个常数，例如 0.8，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

该方案直接用低带信号的基音周期，对高带信号进行基音波形复制，以恢复高带信号。但是低带信号的基音周期未必与高带信号的基音周期一致。一种典型的情况是低带信号具有很强的周期性，而高带信号则是无规则的噪声。当高带信号基音周期与低带信号基音周期不一致时，这种方法就不能够

很好的恢复高带信号，并且会产生一些高频噪声，从而影响语音解码器输出的语音信号的音质。例如当低带信号频率范围是 50Hz 至 4000Hz，高带信号频率范围是 4000Hz 至 7000Hz 时，这种方法会产生 7000Hz 至 8000Hz 的噪声。

现有技术二的语音解码器中，对低带信号采用基音波形复制的帧错误隐藏，而对高带信号使用上帧重复并衰减的方法来进行帧错误隐藏。

低带信号计算基音周期值的可以基于对低带信号计算自相关函数。自相关函数公式如下：

$$r(i) = \sum_{j=N}^{-1} s_{lb}(j) s_{lb}(j-i), \quad i = \min_pitch, \dots, \max_pitch$$

其中 $r(i)$ 是关于 i 的自相关函数， $s_{lb}(j)$ 是低带语音信号。 N 是计算自相关函数的窗口，例如可以取一帧语音信号的样点数。 \min_pitch 是基音周期搜索下限， \max_pitch 是基音周期搜索上限。则低带信号基音周期为：

$$t_{lb} = \arg \max_{i=\min_pitch, L, \max_pitch} r(i), \quad \text{即 } t_{lb} \text{ 为令 } r(i) \text{ 最大的 } i \text{ 值。}$$

基于上帧重复并衰减的方法得到的高带信号恢复公式为：

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n-N) \cdot \alpha, \quad n = 0, \dots, N-1$$

其中 N 为一帧包含的样点个数，衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数，如 0.8，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

这种方法不会引入类似现有技术一的高频噪声。但是，该方法的缺点是没有考虑信号的周期性，当信号具有较强周期性时，该方法就不能很好的恢复高带信号。图 5 为利用现有技术二对高带信号进行帧错误隐藏的示意图。如图 5 所示，低带信号和高带信号同时具有一致的周期性，但是用现有技术二对高带信号进行帧错误隐藏时，破坏了高带信号原有的周期性，从而降低了语音解码器输出的语音信号的音质。

发明内容

本发明实施例提供一种对高带信号进行帧错误隐藏的方法，提高语音解码器输出的语音信号的音质。

本发明实施例还提供一种高带信号帧错误隐藏装置，提高语音解码器输出的语音信号的音质。

本发明实施例还提供一种语音解码器，提高语音解码器输出的语音信号的音质。

为达到上述目的，本发明实施例的技术方案是这样实现的：

一种对高带信号进行帧错误隐藏的方法，包括：

计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；

判断所述周期性强度是否大于或等于预先设置的阈值，是则采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；否则采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

一种高带信号帧错误隐藏装置，包括周期性强度计算模块、基音周期重复模块和上帧数据重复模块，

所述周期性强度计算模块，用于计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断所述周期性强度是否大于预先设置的阈值，是则将当前丢失帧的高带信号传输到所述基音周期重复模块；否则将当前丢失帧的高带信号传输到所述上帧数据重复模块；

所述基音周期重复模块，用于采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；

所述上帧数据重复模块，用于采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

一种语音解码器，包括：码流解复用模块、低带解码器、高带解码器、低带信号帧错误隐藏装置、高带信号帧错误隐藏装置和合成正交镜像滤波器，

所述码流解复用模块，用于将输入的码流解复用分解为低带码流和高带

码流;

所述低带解码器和高带解码器,分别用于将低带码流和高带码流进行解码后,得到低带信号和高带信号;

所述低带信号帧错误隐藏装置,用于对低带信号进行帧错误隐藏处理,得到低带信号的基音周期;

所述高带信号帧错误隐藏装置,用于计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度;判断所述周期性强度是否大于预先设置的阈值,是则采用基音周期重复的方法,对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏;否则采用上帧数据重复的方法,对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏;

所述合成正交镜像滤波器,用于将帧错误隐藏处理后的低带信号和高带信号合成最终输出的语音信号。

与现有技术相比,本发明实施例所提供的技术方案,计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度;并判断高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度是否大于预先设置的阈值,是则判断其关于低带信号基音周期信息的周期性强度,采用基音周期重复的方法,对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏,从而使得在高带信号周期性很强时,不会像现有技术二中破坏高带信号的周期性,从而避免了由于破坏高带信号的周期性而引起的语音信号音质降低的问题。

当高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度小于预先设置的阈值时,则判断高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性较弱,采用上帧数据重复的方法,对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏,从而避免了在高带信号周期性很弱时,用现有技术一的处理方法引入的高频噪声,从而避免了由于帧错误隐藏处理引入高频噪声而引起的语音信号音质降低的问题。可见,本发明实施例的对高带信号进行帧错误隐藏处理的技术方案,提高了语音解码器输出的语音信号的音质。

附图说明

- 图 1 为现有的语音解码器结构图；
图 2 为现有的利用上帧重复的方法进行帧错误隐藏的示意图；
图 3 为现有的利用基音波形复制方法进行帧错误隐藏的示意图；
图 4 为现有的各种帧错误隐藏方法的音质与运算复杂度的关系；
图 5 为利用现有技术二对高带信号进行帧错误隐藏的示意图；
图 6 为本发明实施例中语音信号解码器的结构图；
图 7 为本发明实施例中的对高带信号进行帧错误隐藏的方法流程图；
图 8 为本发明实施例中高带信号帧错误隐藏装置的结构图；
图 9 为本发明实施例中基音周期重复模块的结构图；
图 10 为本发明实施例中一种上帧数据重复模块的结构图；
图 11 为本发明实施例中另一种上帧数据重复模块的结构图。

具体实施方式

下面结合附图及具体实施例对本发明进行详细说明。

图 6 为本发明实施例中语音解码器的结构图。如图 6 所示，该语音解码器包括码流解复用模块、低带解码器、高带解码器、低带信号帧错误隐藏装置、高带信号帧错误隐藏装置和合成正交镜像滤波器。

码流解复用模块将输入的码流解复用分解为低带码流和高带码流；低带码流和高带码流分别由低带解码器和高带解码器进行解码后，得到低带信号和高带信号，然后再分别经低带信号帧错误隐藏装置和高带信号帧错误隐藏装置的帧错误隐藏处理后，输入合成正交镜像滤波器，合成最终输出的语音信号。

其中，码流解复用模块、低带解码器、高带解码器、低带信号帧错误隐藏装置及合成正交镜像滤波器对于接收到的数据的处理，与现有技术相同，因此在此不再赘述。

高带信号帧错误隐藏装置执行本发明实施例提供的对高带信号进行帧

错误隐藏的方法，包括：计算得到高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度；判断高带信号的周期性强度是否大于或等于预先设置的阈值，是则采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏；否则采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

在本发明的另一实施例中的语音解码器，低带信号帧错误隐藏装置也可以不具有计算低带信号基音周期信息的功能，此时，该语音解码器需要进一步包括基音周期计算模块，用于计算得到低带信号的基音周期。

图7为本发明实施例中对高带信号进行帧错误隐藏的方法流程图，图8为本发明实施例中高带信号帧错误隐藏装置的结构图。以下结合图7和图8对本发明实施例提供的对高带信号进行帧错误隐藏的技术方案进行详细说明。

如图7所示，本发明实施例中的对高带信号进行帧错误隐藏的方法包括以下步骤：

步骤700，利用低带信号帧错误隐藏计算得到的低带信号基音周期，计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度。

本步骤中，低带信号帧错误隐藏采用的是可以得到基音周期的帧错误隐藏方法，例如可以是基音波形复制方法、基于模型的再生方法或包括基音周期参数的编码器参数插值方法。其中，基于模型的再生方法例如可以是基于线性预测模型再生的帧错误隐藏方法。

本步骤中，高带信号帧错误隐藏装置首先利用低带信号帧错误隐藏计算得到的低带信号基音周期 t_{lb} ，用高带信号历史缓冲 $s_{hb}(n)$ 计算高带信号关于 t_{lb} 的周期性强度 $r(t_{lb})$ 。

通常，衡量信号周期性强度的函数有自相关函数、归一化自相关函数等。

采用自相关函数计算周期性强度的公式为：

$$r(t_{lb}) = \sum_{n=0}^N s_{hb}(n) s_{hb}(n-t_{lb})$$

其中N为一个正整数常量，一般可以取一帧中高带信号的采样点数。

采用归一化自相关函数计算周期性强度的公式为：

$$r_{nor}(t_{lb}) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} s_{hb}(n)s_{hb}(n-t_{lb})}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} s_{hb}^2(n) \sum_{n=0}^{79} s_{hb}^2(n-t_{lb})}}$$

其中 N 为一个正整数常量，一般可以取一帧中高带信号的采样点数。

参见图 8，图 8 所示的高带信号帧错误隐藏装置包括周期性强度计算模块、基音周期重复模块和上帧数据重复模块，其中周期性强度计算模块执行本步骤，利用低带信号帧错误隐藏计算得到的低带信号基音周期，计算高带信号关于低带信号基音周期的周期性强度。

本步骤中，低带信号基音周期信息除了包括低带信号基音周期 t_{lb} ，还可以包括低带基音周期 t_{lb} 附近的数值。高带信号帧错误隐藏装置也可以首先利用低带信号帧错误隐藏计算得到低带信号基音周期 t_{lb} 。为了减少高带信号基音周期搜索的复杂度及提高高带信号基音周期的估计精度，进一步可以用低带基音周期 t_{lb} 区间，如 $[\max(t_{lb}-m, pit_min), \min(t_{lb}+m, pit_max)]$ ，对高带信号计算归一化自相关函数。用高带信号历史缓冲 $s_{hb}(n)$ 计算高带信号关于 $[\max(t_{lb}-m, pit_min), \min(t_{lb}+m, pit_max)]$ 的周期性强度 $r(t_{lb})$ 。

$$r_{nor}(i) = \frac{\sum_{n=0}^{N-1} s_{hb}(n)s_{hb}(n-i)}{\sqrt{\sum_{n=0}^{N-1} s_{hb}^2(n) \sum_{n=0}^{N-1} s_{hb}^2(n-i)}}, \quad \max(t_{lb}-m, pit_min) \leq i \leq \min(t_{lb}+m, pit_max)$$

其中，m 为搜索区间的半径，如可以取值为 3 或者其他小于等于 3 的数值，根据大量实验结果而定，m 取值大，则结果更精确，但是算法复杂度也增大。在本实施例中，m 取值为 3。pit_min 为最小基音周期，在本实施例中，pit_min=16。pit_max 为最大基音周期，在本实施例中，pit_max=144。其他实施方式中，也可以是 pit_min=20，pit_max=143，或者 pit_min=16，pit_max=160，则高带基音周期 t_{hb} 为

$$t_{hb} = \arg \max_{i=\max(t_{lb}-m, pit_min), \dots, \min(t_{lb}+m, pit_max)} r_{nor}(i)$$

且对应的高带信号归一化自相关系数为:

$$r_{nor_max} = \max_{i=\max(t_{lb}-m, pit_min), \dots, \min(t_{lb}+m, pit_max)} r_{nor}(i),$$

由此获得高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度。

步骤 701, 判断高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度是否大于或等于预先设置的阈值, 是则执行步骤 702: 否则执行步骤 703。

本步骤中, 对于采用自相关函数计算周期性强度的方法, 可以通过大量测试选取一个合适的阈值 R , 例如可以仿真采用本发明实施例中对高带信号进行帧错误隐藏方法的语音解码器, 得到使用不同阈值时输出的语音信号, 然后计算该语音信号的信噪比, 将信噪比最大的语音信号对应的阈值作为本步骤选择的合适的阈值。或者可以根据经验值确定该阈值。如果 $r(t_{lb}) \geq R$, 则判定高带信号历史缓冲 $s_{hb}(n)$ 关于 t_{lb} 具有强周期性, 否则关于 t_{lb} 不具有强周期性。

对于采用归一化自相关函数计算周期性强度的方法, 阈值的取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以通过大量测试选取一个合适的阈值 R_{nor} , 例如 0.7, 具体步骤与采用自相关函数计算周期性强度时选取阈值的方法相同; 也可以选择一个经验值。如果 $r_{nor}(t_{lb}) \geq R_{nor}$ 或者 $r_{nor_max} \geq R_{nor}$, 则判定高带信号历史缓冲 $s_{hb}(n)$ 关于低带信号基音周期信息具有强周期性, 否则关于低带信号基音周期信息不具有强周期性。

图 8 所示的高带信号帧错误隐藏装置中, 周期性强度计算模块在计算得到高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度之后, 判断该计算的高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度是否大于或等于预先在其中设置的阈值, 是则由基音周期重复模块进行后续处理, 否则由上帧数据重复模块进行后续处理。

步骤 702, 采用基音周期重复的方法, 对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

本步骤中,基音周期重复的方法可以是基音波形复制或基于模型的再生方法。

本步骤中,例如,采用基音波形复制对高带信号进行帧错误隐藏时,采用下面的公式对当前丢失帧的高带信号进行恢复:

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n - t_{lb}), \quad n = 0, \dots, N - 1$$

其中 $s_{hb}(n)$, $n = 0, \dots, N - 1$ 是当前丢失帧恢复后的高带信号, N 为一帧包含的样点个数。 $s_{hb}(n)$, $n = -M, \dots, -1$ 是高带信号的历史缓冲, M 是高带信号历史缓冲中的样点个数。

采用简单的重复周期性对高带信号进行帧错误隐藏,在大量连续丢失帧时,得到的语音信号会产生具有过强周期性的信号。有时为了提高主观效果,对恢复的信号要乘以一个衰减系数 α , 此时,采用基音波形复制并衰减的方法对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏得到的高带信号变为:

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n - t_{lb}) \cdot \alpha, \quad n = 0, \dots, N - 1$$

其中 N 为一帧包含的样点个数, 衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数, 如 0.8, 也可以是一个根据连续丢失帧数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧, 乘以一个较大的衰减系数, 如 0.9, 对于第二个及之后的连续丢失帧, 乘以一个较小的衰减系数, 如 0.7。具体衰减系统确定的方法可以采用与确定阈值时相同的方法, 在此不再赘述。

再例如, 当是以基于修正型离散余弦变换 (MDCT, Modified Discrete Cosine Transform) 的帧错误隐藏时, 需要首先通过基音周期复制两帧信号 $s'_{hb}(n)$:

$$s'_{hb}(n) = s_{hb}(n - t_{lb}), \quad n = 0, \dots, 2N - 1$$

对信号 $s'_{hb}(n)$ 加正弦窗 $w_{ldac}(n)$ 并衰减, 得到当前帧的 IMDCT 系数的估算值 $d^{cur}(n)$:

$$d^{cur}(n) = w_{ldac}(n) s_{hb}(n) \beta, \quad n = 0, \dots, 2N - 1$$

β 为衰减因子，如可以取 $\sqrt{2}/2$ 。 $d^{cur}(n)$ 再与上一帧 IMDCT 系数 $d^{pre}(n)$ 的后半部分进行 OLA，并衰减得到当前帧的输出信号：

$$s_{hb}(n) = (w_{idac}(n+N)d^{pre}(n+N) + w_{idac}(n)d^{cur}(n))\alpha, \quad n=0, \dots, N-1$$

此时，衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数，如 $\alpha=0.8$ ，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量，如 $\alpha=1-0.005 \times (n+1)$ ，逐点加强衰减的程度，使输出的信号变的更为平滑。

图 9 所示本发明实施例中一种基音周期重复模块，包括：复制模块，根据基音周期对当前帧信号进行复制，衰减模块根据复制的帧信号加正弦窗并衰减得到当前帧的 IMDCT 系数的估算值，叠加运算模块将所述估算值与上一帧 IMDCT 系数的后半部分进行叠加并衰减。

本步骤中，采用基于线性预测模型再生方法对高带信号进行帧错误隐藏时，采用下面的公式，对高带残差信号 $e_{hb}(n)$ 进行基音周期重复。

$$e_{hb}(n) = e_{hb}(n-t_b), \quad n=0, \dots, N-1$$

其中， $e_{hb}(n)$ ， $n=0, \dots, N-1$ 为当前丢失帧的高带残差信号， $e_{hb}(n)$ ， $n=-M, \dots, -1$ 为高带信号的历史缓冲关于线性预测分析的残差。

然后利用上述高带残差信号，通过线性预测合成器合成当前丢失帧的高带信号，具体公式为

$$s_{hb}(n) = e(n) - \sum_{i=1}^8 a_i s_{hb}(n-i), \quad n=0, \dots, N-1$$

有时为了提高主观效果，对恢复的信号要乘以一个衰减系数 α ，此时，采用基于线性预测模型再生的方法进行帧错误隐藏得到的高带信号变为：

$$s_{hb}(n) = (e(n) - \sum_{i=1}^8 a_i s_{hb}(n-i)) \cdot \alpha, \quad n=0, \dots, N-1$$

其中 $s_{hb}(n)$ ， $n=0, \dots, N-1$ 是当前丢失帧恢复后的高带信号， N 为一帧包含的样点个数。 $s_{hb}(n)$ ， $n=-M, \dots, -1$ 是高带信号的历史缓冲， M 是高带信号历史缓冲中的样点个数。衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常

数，如 0.8，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

图 8 所示的基音周期重复模块执行本步骤，采用基音周期重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏处理。该模块可以采用基音波形复制的方法实现对高带信号的帧错误隐藏处理，或者采用基于模型的再生方法，例如线性预测模型方法实现对高带信号的帧错误隐藏处理。

步骤 703，采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。

本步骤中，上帧数据重复的方法可以是上帧重复方法、上帧重复并衰减方法或编码器参数插值的方法等。

图 8 所示的上帧数据重复模块执行本步骤，采用上帧数据重复的方法，对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏。具体的详细的算法，可以是采用上帧重复的方法、上帧重复并衰减的方法或编码器参数插值的方法执行本步骤。

例如，采用上帧重复并衰减的方法时，可以将上一帧的时域数据复制到当前丢失帧，并乘以一个衰减系数 α ，即可以采用下面的公式对当前信号进行恢复：

$$s_{hb}(n) = s_{hb}(n-N) \cdot \alpha, \quad n=0, \dots, N-1$$

其中 N 为一帧包含的样点个数，衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数，如 0.8，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

图 10 为本发明实施例中一种上帧数据重复模块的结构图，如图 10 所示，该上帧数据重复模块包括上帧高带信号复制模块和衰减模块，上帧高带信号复制模块将当前丢失帧的上一帧的高带信号复制到当前丢失帧，并将复制的

帧输入到衰减模块，由衰减模块乘以衰减系数 α 后，得到帧错误隐藏处理后的高带信号。

如果高带解码器的算法是频域算法，还可以采用编码器参数插值的方法，对上帧从频率域数据恢复时域数据过程中的某些中间数据进行重复和衰减，然后再利用这些中间数据合成当前丢失帧的时域数据。

例如，高带解码器是以基于修正型离散余弦变换（MDCT, Modified Discrete Cosine Transform）的高带解码器时，可以采用重复和衰减上一帧的反修正型离散余弦变换系数（IMDCT, Invert Modified Discrete Cosine Transform）来估算得到当前丢失帧的 IMDCT 系数，然后按照合成公式，将上一帧的 IMDCT 系数和当前丢失帧的 IMDCT 系数进行叠加（OLA, Overlap-Add），得到当前丢失帧的时域数据。

估算当前丢失帧 IMDCT 系数可采用下面的公式：

$$d^{cur}(n) = d^{pre}(n) \cdot \alpha, \quad n = 0, \dots, 2N-1$$

其中 $d^{cur}(n)$ 为当前丢失帧的 IMDCT 系数， $d^{pre}(n)$ 为上一帧的 IMDCT 系数， N 为一帧包含的样点个数，衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数，如 0.8，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

通过对 IMDCT 系数进行 OLA 获得当前丢失帧的时域数据：

$$s_{hb}(n) = w_{idac}(n+N)d^{pre}(n+N) + w_{idac}(n)d^{cur}(n), \quad n = 0, \dots, N-1$$

其中 $s_{hb}(n)$ 为当前丢失帧的时域数据， $w_{idac}(n)$ 是 OLA 合成时需要加的窗函数，例如汉明窗、正弦窗等。窗函数的确定方法与现有技术中计算 $s_{hb}(n)$ 时确定窗函数的方法相同，在此不再赘述。

图 11 为本发明实施例中另一种上帧数据重复模块的结构图。如图 10 所示，该上帧数据重复模块包括上帧的 IMDCT 系数存储模块、衰减模块和叠加运算模块。其中，上帧的 IMDCT 系数存储模块，存储上帧从频率域数据

恢复时域数据过程中的 IMDCT 系数，然后经衰减模块将该 IMDCT 系数衰减 α 后，得到当前丢失帧的 IMDCT 系数，将上帧的 IMDCT 系数与衰减后得到的当前丢失帧的 IMDCT 系数输入叠加运算模块进行叠加运算后，得到当前丢失帧经帧错误隐藏处理后的高带信号。

如果采用重复 MDCT 系数并衰减，而不是采用重复 IMDCT 系数并衰减，则需要对 MDCT 系数进行 IMDCT 变换来得到 IMDCT 系数，再对 IMDCT 衰减，并进行 OLA 来获得当前丢失帧的时域数据，这样就会增加 IMDCT 变换的计算量。因此本领域技术人员应该理解，直接重复上帧 IMDCT 系数并进行衰减，然后进行 OLA 操作来合成当前丢失帧的时域数据，可以减少计算量。

再例如高带解码器是以基于傅利叶变换（FFT, Fast Fourier Transform）的高带解码器时，可以采用重复和衰减上帧的反傅利叶变换系数（IFFT, Invert Fast Fourier Transform）来估算得到当前丢失帧的 IFFT 系数，再进行 OLA，得到当前丢失帧的时域数据。

估算当前丢失帧 IFFT 系数可采用下面的公式

$$d^{cur}(n) = d^{pre}(n) \cdot \alpha, \quad n = 0, \dots, M-1$$

其中 $d^{cur}(n)$ 为当前丢失帧的 IFFT 系数， $d^{pre}(n)$ 为上帧的 IFFT 系数， M 为一帧需要的 IFFT 系数个数，一般 M 大于一帧的样点数 N 。衰减系数 α 取值范围是 0 到 1 之间的非负数。可以是一个常数，如 0.875，也可以是一个根据连续丢包数自适应变化的变量。例如对于第一个丢失帧，乘以一个较大的衰减系数，如 0.9，对于第二个及之后的连续丢失帧，乘以一个较小的衰减系数，如 0.7。

对于当前丢失帧的前面 $M-N$ 个样点，采用下面的 OLA 公式进行恢复

$$s_{hb}(n) = w(n+N)d^{pre}(n+N) + w(n)d^{cur}(n), \quad n = 0, \dots, M-N-1$$

其中 $s_{hb}(n)$ 为当前丢失帧的时域数据， $w(n)$ 是 OLA 合成时需要加的窗函数，例如汉明窗、正弦窗等。

对于当前丢失帧的后面 $2N-M$ 个样点, 采用下面的公式恢复:

$$s_{hb}(n) = d^{cur}(n), \quad n = M-N, \dots, N-1$$

其中, M 为一帧需要的 IFFT 系数个数, N 为一帧的采样点数。

除两层的编解码器之外, 有的语音解码器还可以分为包含核心层和增强层的多层解码器。核心编解码器就是一个传统的窄带或宽带编解码器, 在核心层的基础上, 扩展出一些增强层。这样其核心层就可以直接与对应的传统语音编解码器互通。有的增强层属于低带增强层, 用于提高低带语音信号的音质。有的增强层属于高带增强层, 用于将语音带宽进行扩展, 例如将窄带信号扩展为宽带信号, 或者将宽带信号扩展为超宽带信号, 甚至可以将超宽带信号扩展为全带信号。但是无论是大于两层的语音解码器或是两层的语音解码器, 都要在各自层的信号解码后, 分别合并为低带信号和高带信号, 并分别进行帧错误隐藏处理, 然后再得到语音解码器输出的语音信号, 因此, 本发明实施例提供的对高带信号进行帧错误隐藏的技术方案, 同样适用于包括核心层和增强层的多层解码器。

由以上所述可以看出, 本发明实施例所提供的技术方案, 计算高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度; 并判断高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度是否大于预先设置的阈值, 是则判断其周期性强, 采用基音周期重复的方法, 对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏, 从而使得在高带信号周期性强时, 不会像现有技术二中破坏高带信号的周期性, 从而避免了由于破坏高带信号的周期性而引起的语音信号音质降低的问题。

同时, 本发明实施例中利用低带信号帧错误隐藏处理时得到有低带信号基音周期, 计算关于高带信号关于低带信号基音周期信息的周期性强度, 从而减小了专门设置周期性强度计算模块所需要的硬件开销。

当高带信号的周期性强度小于预先设置的阈值时, 则判断高带信号的周期性较弱, 采用上帧数据重复的方法, 对当前丢失帧的高带信号进行帧错误隐藏, 从而避免了在高带信号周期性很弱时, 用现有技术一的处理方法引入

的高频噪声，从而避免了由于帧错误隐藏处理引入高频噪声而引起的语音信号音质降低的问题。可见，本发明实施例的对高带信号进行帧错误隐藏处理的技术方案，提高了语音解码器输出的语音信号的音质。

同时，本发明实施例提供的技术方案，当高带信号解码器的算法为频域算法时，可以利用上帧从频率数据恢复时域数据时的中间数据，进行当前丢失帧的高带信号的帧错误隐藏处理。当高带信号采用 MDCT 编码时，可以直接重复在解码是得到的 IMDCT 系数并进行衰减，然后进行叠加操作来恢复当前丢失帧的时域数据，从而相比重复 MDCT 系数的方法，减少了计算量。

上述本发明实施例序号仅仅为了描述，不代表实施例的优劣。上述本发明实施例描述的“步骤”一词也不代表实施例执行方法的顺序。

以上所述仅为本发明的较佳实施例而已，并非用于限定本发明的保护范围。凡在本发明的精神和原则之内，所作的任何修改、等同替换、改进等，均应包含在本发明的保护范围之内。

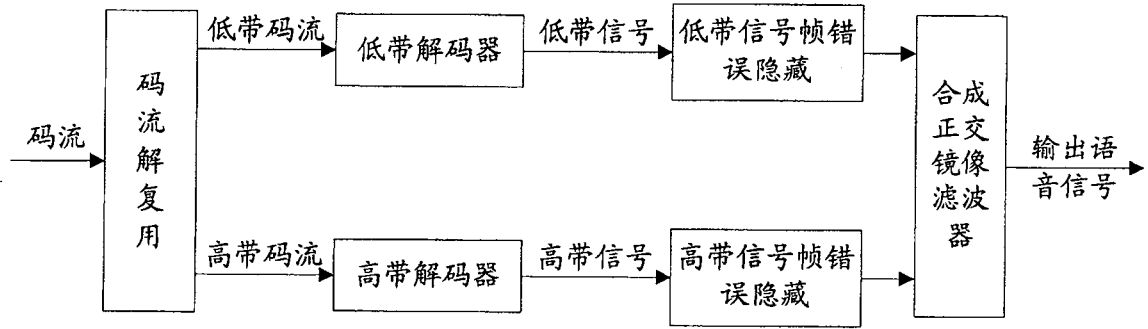


图 1

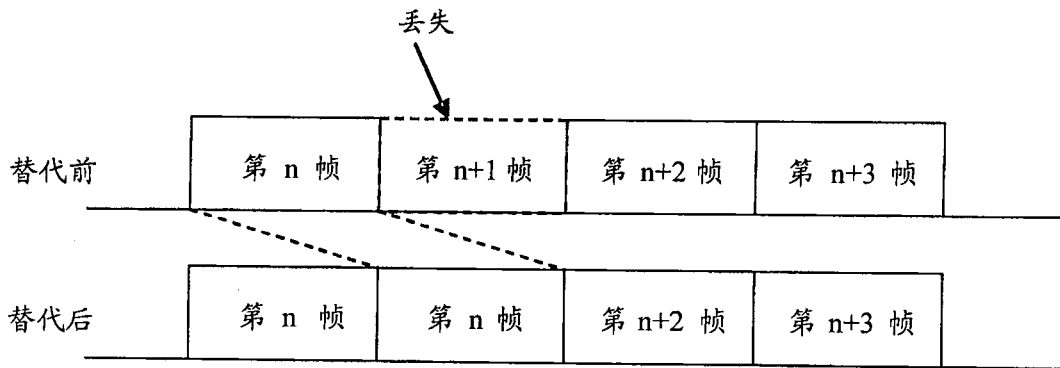


图 2

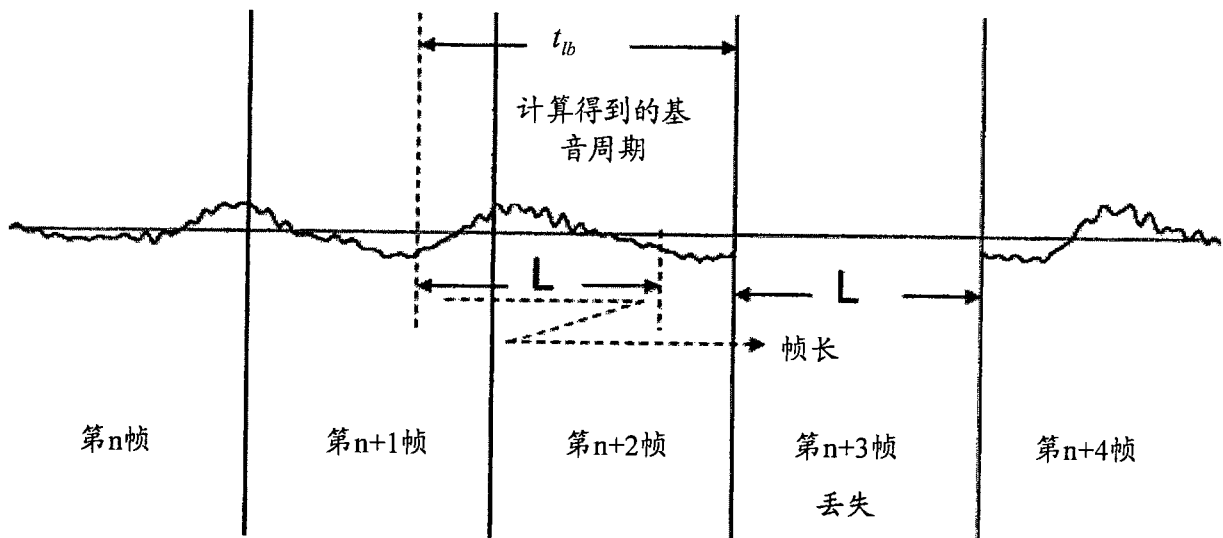


图 3

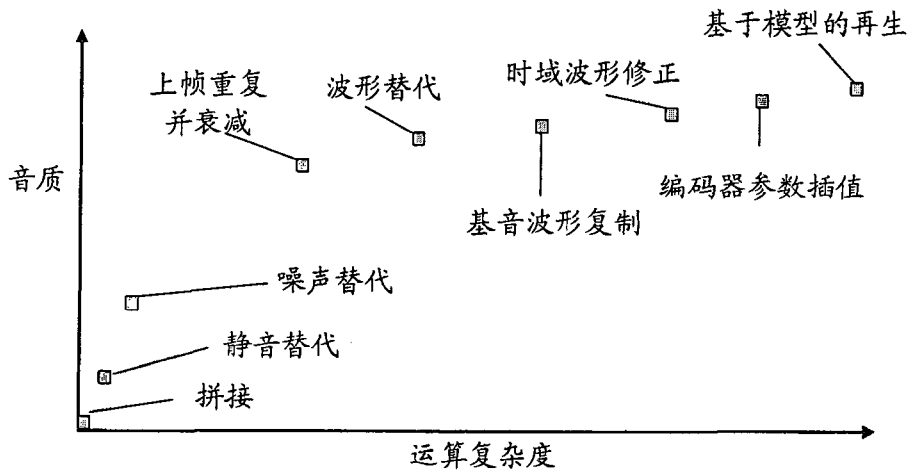


图 4

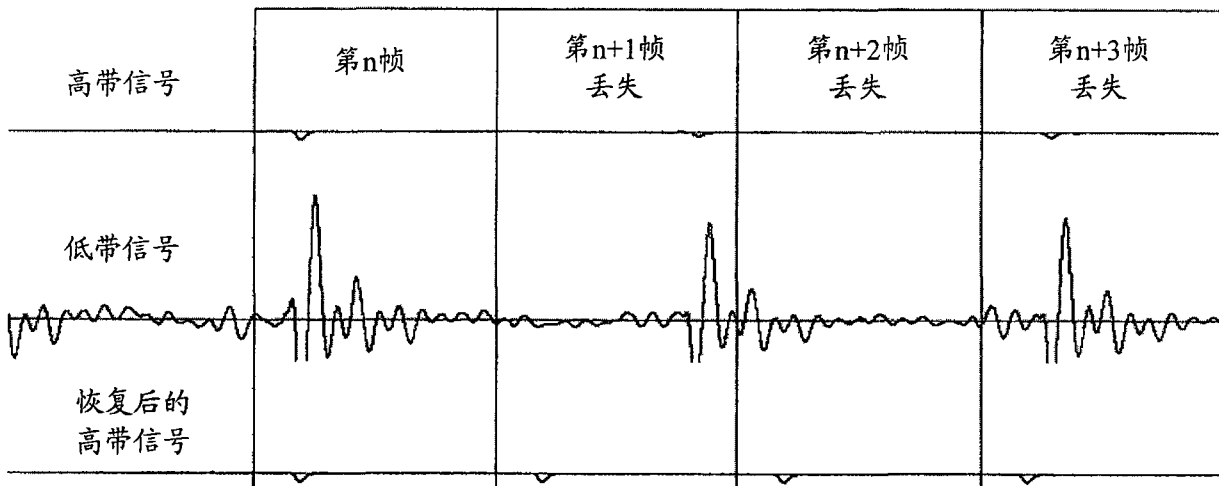


图 5

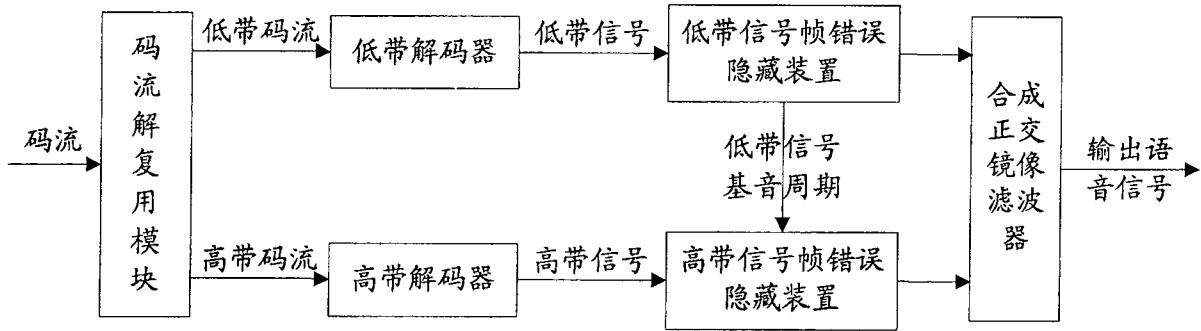


图 6

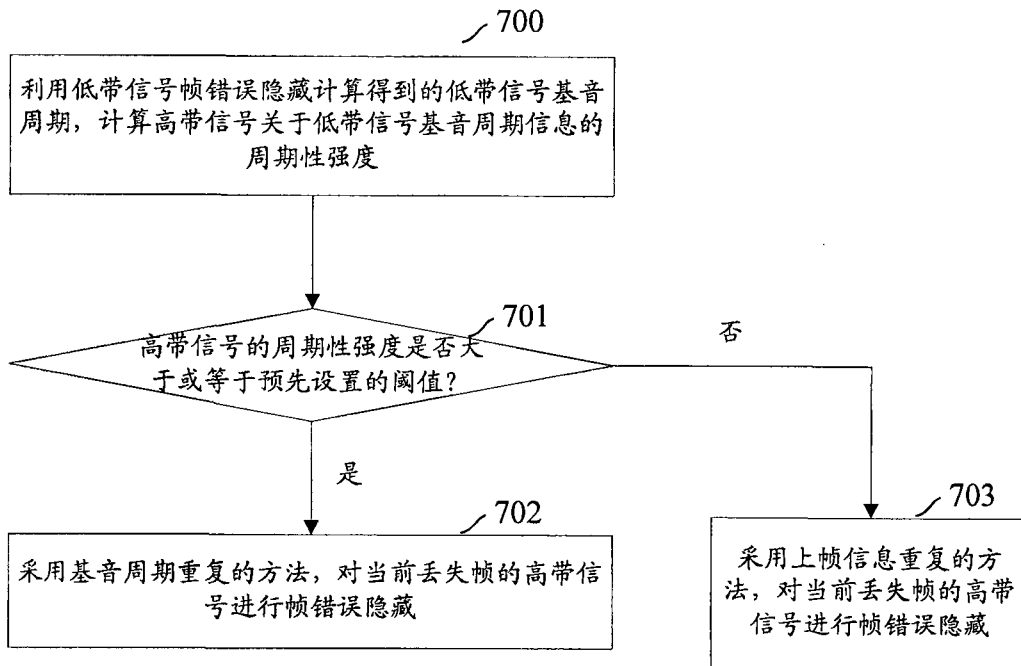


图 7

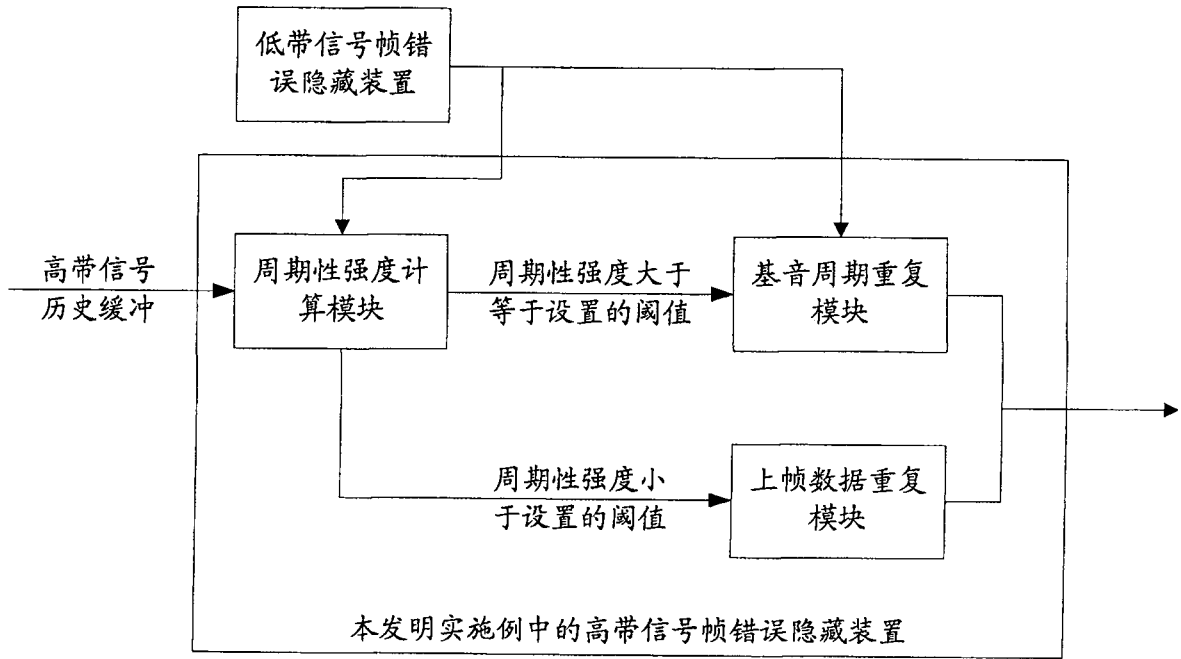


图 8

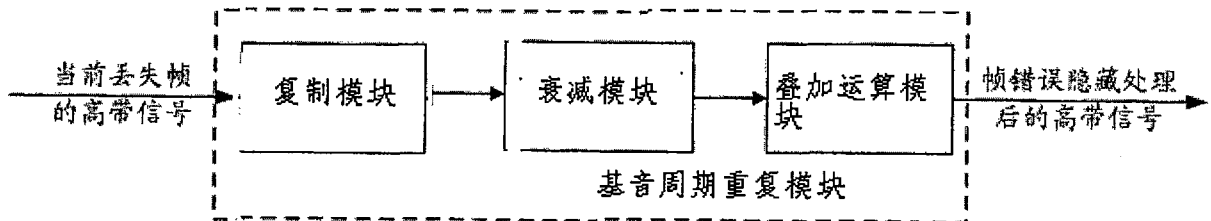


图 9

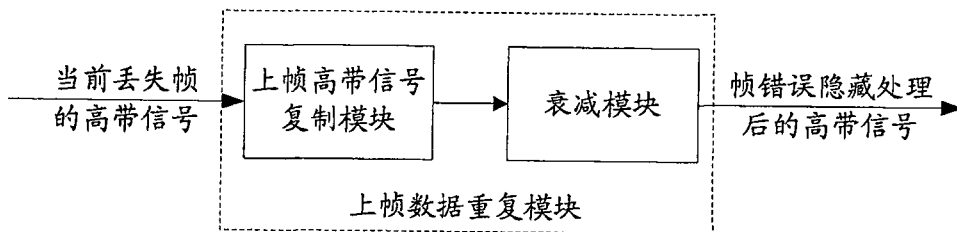


图 10

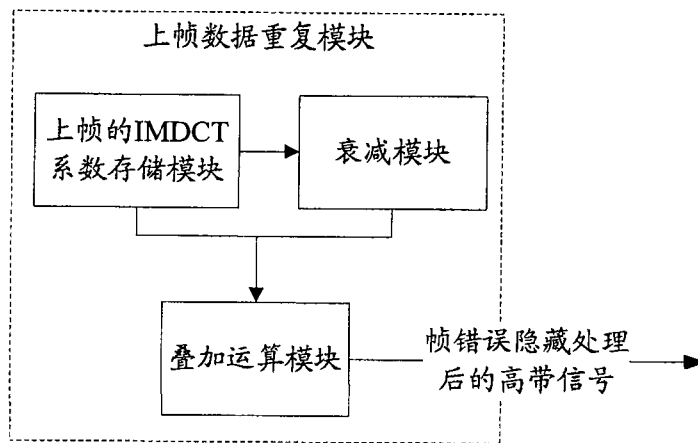


图 11