



(12) 发明专利

(10) 授权公告号 CN 102867516 B

(45) 授权公告日 2014. 08. 27

(21) 申请号 201210334612. 5

(22) 申请日 2012. 09. 10

(73) 专利权人 大连理工大学

地址 116024 辽宁省大连市高新园区凌工路
2 号

(72) 发明人 殷福亮 陈喆 汪林 张旭

(74) 专利代理机构 大连东方专利代理有限责任
公司 21212

代理人 曲永祚 李洪福

(51) Int. Cl.

G10L 19/04 (2013. 01)

(56) 对比文件

WO 02/093551 A2, 2002. 11. 21,

CN 101192408 A, 2008. 06. 04,

CN 101145344 A, 2008. 03. 19,

CN 101110214 A, 2008. 01. 23,

梁彦霞. 低速率多带激励线性预测语音编
码技术的研究. 《中国博士学位论文全文数据
库》. 2012, I136-9.

审查员 陈晟

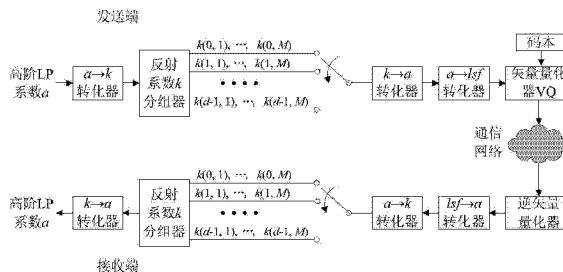
权利要求书3页 说明书8页 附图2页

(54) 发明名称

一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的
语音编解方法

(57) 摘要

本发明公开了一种采用高阶线性预测系数分
组矢量量化的语音编解方法,其能够应用于低码
率、高质量语音编解码器中,能够减少对高阶线
谱频率矢量量化所需的码本体积和计算量。



1. 一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的语音编解方法,其特征在于:分编码和解码两步骤,

第一步:编码,

编码按照以下步骤进行:

(1) 使用莱文森-德宾算法进行高阶线性预测分析得到 R 个线性预测系数 $a(i)$ 并且 $R=dM$;由已知 R 个线性预测系数 $a(i)$ 得到 R 个反射系数 $k(i)$, $i=1, 2, \dots, R$;

所述已知 R 个线性预测系数 $a(i)$, 求 R 个反射系数 $k(i)$ 的递推方法为:

$$k(m)=-a(m, m),$$

$$a(m-1, i)=[a(m, i)+k(m)a(m, m-i)]/[1-k(i)],$$

其中, m 是阶数, $m=R, R-1, \dots, 1$; $a(m, i)$ 是进行 m 阶线性预测时的第 i 个线性预测系数, $k(m)$ 是第 m 个反射系数;

所述 R, M, d 均为正整数, R 范围为 $10 \sim 100$, M 范围为 $8 \sim 16$; R, M, d 须满足关系 $R=dM$;

(2) 反射系数 k 分组器将 R 个反射系数 $k(i)$ 分为 d 组, $i=1, 2, \dots, R$; 每组包含相邻 M 个反射系数 $k(i)$, $i=1, 2, \dots, M$; 第 j 组的第 i 个系数 $k(j, i)$ 与 $k(i)$ 的关系表示为 $k(j, i)=k(jM+i)$, $j=0, 1, \dots, d-1$; $i=1, 2, \dots, M$; 所述 R, M, d 均为正整数, R 范围为 $10 \sim 100$, M 范围为 $8 \sim 16$; R, M, d 须满足关系 $R=dM$;

(3) 对每组 M 阶反射系数 $k(j, i)$, 经过 $k \rightarrow a$ 转化器计算出对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1$; $i=1, 2, \dots, M$; R, M, d 均为正整数, R 范围为 $10 \sim 100$, M 范围为 $8 \sim 16$; R, M, d 须满足关系 $R=dM$;

已知反射系数 $k(i)$, 求线性预测系数 $a(i)$ 的递推方法为:

$$a(m, m)=k(m),$$

$$a(m, i)=[a(m-1, i)+k(m)a(m-1, m-i)],$$

其中, m 是阶数, $m=1, 2, \dots, M$; $a(m, i)$ 是 m 阶线性预测时的第 i 个线性预测系数, $i=1, 2, \dots, m-1$; $k(m)$ 是第 m 个反射系数;

(4) 对每组已知 M 个线性预测系数 $a(j, i)$ 经过 $a \rightarrow \text{lsf}$ 转化器计算出对应的线谱频率参数 $\text{lsf}(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1$; $i=1, 2, \dots, M$; R, M, d 均为正整数, R 范围为 $10 \sim 100$, M 范围为 $8 \sim 16$; R, M, d 须满足关系 $R=dM$;

已知线性预测系数 $a(i)$, 求线谱频率参数 $\text{lsf}(i)$ 的方法为:

使用线性预测系数 $a(i)$ 构建两个多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$;

$$P(z)=A(z)+z^{-(M+1)}A(z^{-1}),$$

$$Q(z)=A(z)-z^{-(M+1)}A(z^{-1});$$

所述 $A(z)=1+\sum_{i=1}^M a(i)z^{-i}$, M 是线性预测阶数, z 代表 Z 变换域的自变量;

方程 $P(z)=0$ 与 $Q(z)=0$ 在余弦域根分别为 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$, $i=1, 2, \dots, M+1$, 称 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$ 为线谱对系数, 当 $A(z)$ 的零点都位于单位圆内时, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 的零点都位于单位圆上, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 的零点沿着单位圆上随着 ω 的增加交替出现, 若除去 1 和 -1 这两个零点, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 各有 M 个零点, 当 $A(z)$ 满足最小相位特性时, 由线性预测系数 $a(i)$ 唯一确定线谱频率参数 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$, $i=1, 2, \dots, M/2$; 由 $\text{lsf}_p(i)$ 、 $\text{lsf}_q(i)$

计算反余弦得到 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$ ；

$$lsp_p(i) = \arccos[lsp_p(i)],$$

$$lsp_q(i) = \arccos[lsp_q(i)];$$

$lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$ 交错排列

$$lsp(2i) = lsp_p(i),$$

$$lsp(2i+1) = lsp_q(i);$$

得 $lsp(i)$ ；

(5) 矢量量化器使用相同的量化码本对 d 组线谱频率参数分别作矢量量化得到 d 个索引号,索引号和其它编码参数一起被打包成比特流进入通信网络并被传送到输出端；

第二步:解码,

解码按照以下步骤进行:

(1) 根据通信网络接收的 d 个索引号恢复 d 组线谱频率参数 $lsp(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$, 对 d 组线谱频率参数使用 $lsp \rightarrow a$ 转化器计算对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R, M, d 须满足关系 $R=dM$; R 范围为 $10 \sim 100$, 所述 R, M, d 均为正整数;

已知线谱频率参数 $lsp(i)$, 使用 $lsp \rightarrow a$ 转化器计算对应的 M 阶线性预测系数 $a(i)$ 的方法为:

将偶数序号的 $lsp(i)$ 参数定义为 $lsp_p(i)$, 奇数序号的 $lsp(i)$ 参数定义为 $lsp_q(i)$,

$$lsp_p(i) = lsp(2i),$$

$$lsp_q(i) = lsp(2i+1);$$

其中, $i=1, 2, \dots, M/2$; 对线谱频率参数 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$ 取余弦计算 LSP 参数 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$, 即

$$lsp_p(i) = \cos[lsp_p(i)],$$

$$lsp_q(i) = \cos[lsp_q(i)],$$

使用 LSP 参数 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$ 构建两个多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$

$$P(z) = (1+z^{-1}) \prod_{i=1}^{M/2} [1 - 2lsp_p(i)z^{-1} + z^{-2}],$$

$$Q(z) = (1-z^{-1}) \prod_{i=1}^{M/2} [1 - 2lsp_q(i)z^{-1} + z^{-2}];$$

其中, Π 表示连乘, z 代表 Z 变换域的自变量, M 是线性预测阶数代表系数 $a(i)$ 的数目;

多项式 $A(z)$ 用多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$ 表示为

$$A(z) = [P(z) + Q(z)] / 2;$$

根据表达式 $A(z) = 1 + \sum_{i=1}^M a(i)z^{-i}$, 按照 z^{-i} 系数对应相等的原则, 确定出 $a(i)$ 的

值;

(2) 对 d 组 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$ 使用 $a \rightarrow k$ 转化器计算对应的 M 阶反射系数 $k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R, M, d 满足关系 $R=dM$; R 范

围为 $10 \sim 100$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

已知线性预测系数 $a(i)$, 使用 $a \rightarrow k$ 转化器求反射系数 $k(i)$ 的递推方法为:

$$k(m) = -a(m, m),$$

$$a(m-1, i) = [a(m, i) + k(m)a(m, m-i)] / [1 - k(i)],$$

其中, m 是阶数, $m=M, M-1, \dots, 1$; $a(m, i)$ 是 m 阶的第 i 个线性预测系数, $k(m)$ 是第 m 个反射系数; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; R 范围为 $10 \sim 100$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

(3) 对 d 组反射系数 $k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1$, 使用反射系数组合器按顺序组成 R 阶反射系数 $k(jM+i) = k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; R 范围为 $10 \sim 100$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

(4) 对 R 阶反射系数 $k(i)$ 使用 $k \rightarrow a$ 转化器转换为 R 阶线性预测系数 $a(i)$, $i=1, 2, \dots, R$; 所述 R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; M 范围为 $8 \sim 16$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

已知 R 阶反射系数 $k(i)$, 使用 $k \rightarrow a$ 转化器求 R 阶线性预测系数 $a(i)$ 的递推方法为:

$$a(m, m) = k(m),$$

$$a(m, i) = [a(m-1, i) + k(m)a(m-1, m-i)],$$

其中, m 是阶数, $m=1, 2, \dots, R$; $a(m, i)$ 是 m 阶的第 i 个线性预测系数, $i=1, 2, \dots, m-1$, $k(m)$ 是第 m 个反射系数; 所述 R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; M 范围为 $8 \sim 16$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数。

一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的语音编解方法

技术领域

[0001] 本发明涉及一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的语音编解方法,属于语音编码技术领域。

背景技术

[0002] 基本的语音通信过程如说明书附图 1 所示,对语音编解码器的要求是:在保证语音质量的前提下,编码码流的比特率越低越好。采用矢量量化技术、线性预测分析和数据插值技术的编解码器能够很好地满足这个要求。在基于上述技术的语音编解码器中,线性预测系数的编解码过程为:在编码端,用莱文森-德宾算法求解线性预测系数,并转化为相应的线谱频率参数,用存储在本地的码本对线谱频率参数进行矢量量化,得到码本的索引号。这些索引号会和其它语音编码参数一起被打包成比特流,通过通信网络传送到输出端。在解码端,根据从编码器传送的索引号解码出线谱频率参数,并转化为对应的线性预测系数,最后根据线性预测系数及其它编码参数合成出语音,整个过程的原理如说明书附图 2 所示。

[0003] 矢量量化是一种高效的数据压缩方法,如说明书附图 3 所示,它是将若干个标量数据组构成一个矢量,然后在矢量空间中进行整体量化。对 1 个 N 维编码端待量化矢量 x , 从 N 维码本矢量集 $Y = \{y(1), y(2), \dots, y(L)\}$ 中选择与 x 最匹配的矢量 $y(i)$, 在信道中只需传输 $y(i)$ 在码本 Y 中的索引号 i 即可。在解码端,根据索引号 i 即可找到对应矢量 $y(i)$, 并作为解码结果输出。码本的设计可使用 LBG 算法。为了降低矢量量化所需的码本体积,分裂式矢量量化技术应运而生。分裂式矢量量化技术是比较适合于高阶线谱频率参数量化的一种方法,分裂式矢量量化的过程如图 4 所示。分裂式矢量量化是指将待量化矢量分为几个低维子矢量,每个子矢量分别使用不同的码本量化。计算出信号线谱频率参数后,将线谱频率参数分为 T 个子矢量 $lsf_0, lsf_1, \dots, lsf_{T-1}$, 每一部分分别使用不同的码本作矢量量化,得到索引号 $0, 1, \dots, T-1$, 由这 T 个索引号联合表示 LSF 参数。同理,在解码端由这 T 个索引号恢复 T 个子矢量 $lsf_0, lsf_1, \dots, lsf_{T-1}$, 再合并出完整 LSF 参数,并进一步计算线性预测系数。说明书附图 4 中的矢量量化在编码端表示码本搜索,在解码端表示码本提取。同传统的矢量量化技术相比,分裂式矢量量化所需的码本体积大大减小。但其还存在两个问题:第一,从高阶线性预测系数直接计算高阶线谱频率参数,运算量很大,运算量与线性预测系数个数的平方成正比;第二,针对 T 个子矢量,需要分别设计 T 组码本,因此高阶线谱频率参数所需要的码本总量仍然很大。

[0004] 在语音信号分析中,常把语音 $x(n)$ 看作是一个时间序列模型的输出, $x(n)$ 可表示为:

$$[0005] \quad x(n) + \sum_{i=1}^M a(i)x(n-i) = e(n)$$

[0006] 其中, M 为线性预测分析阶数。 $a(i)$, $i=1, 2, \dots, M$ 为模型参数,也称线性预测系

数。e(n) 为激励信号。x(n) 也可以等效为 e(n) 经过一个全极点滤波器（也称合成滤波器）H(z) 的输出，H(z) 表示为：

$$[0007] \quad H(z) = \frac{1}{A(z)} = \frac{1}{1 + \sum_{i=1}^M a(i)z^{-i}}$$

[0008] 其中，A(z) 称为预测误差滤波器。给定输入语音信号（或其自相关函数），系数 a(i) 可以由莱文森-德宾 (Levinson-Durbin) 算法求出；实际应用当中，除了使用线性预测系数表征声道模型外，还常使用反射系数 k(i) 和线谱频率（线谱频率）参数 lsf(i)，使用 lsf(i) 生成 H(z) 时，和 k(i) 一样容易保证 H(z) 的稳定性，且 lsf(i) 量化特性和内插特性均优于 k(i)，使得产生相同质量的合成语音所需的编码码率得以降低，因此，目前对线性预测参数的矢量量化通常在线谱频率域上进行。这三种参数之间的关系如下：

[0009] (1) 已知线性预测系数 a(i)，求反射系数 k(i) 的递推方法为：

$$[0010] \quad k(m) = -a(m, m),$$

$$[0011] \quad a(m-1, i) = [a(m, i) + k(m)a(m, m-i)] / [1 - k(i)].$$

[0012] 其中，m 是阶数，m=M, M-1, ..., 1。a(m, i) 是 m 阶的第 i 个线性预测系数。k(m) 是第 m 个反射系数。

[0013] (2) 已知反射系数 k(i)，求线性预测系数 a(i) 的递推方法为：

$$[0014] \quad a(m, m) = k(m),$$

$$[0015] \quad a(m, i) = [a(m-1, i) + k(m)a(m-1, m-i)],$$

[0016] 其中，m 是阶数，m=1, 2, ..., M。a(m, i) 是 m 阶的第 i 个线性预测系数，i=1, 2, ..., m-1。k(m) 是第 m 个反射系数。

[0017] (3) 已知线性预测系数 a(i)，求线谱频率参数 lsf(i) 的方法为：

[0018] 使用线性预测系数 a(i) 构建两个多项式 P(z) 和 Q(z)；

$$[0019] \quad P(z) = A(z) + z^{-(M+1)}A(z^{-1}),$$

$$[0020] \quad Q(z) = A(z) - z^{-(M+1)}A(z^{-1}).$$

[0021] 方程 P(z)=0 与 Q(z)=0 在余弦域的根 l_{sp_P}(i) 与 l_{sp_Q}(i) 称为线谱对系数，求解线谱频率参数的数值方法有许多种，如代数式方程求根法和 DFT 方法等证明，当 A(z) 的零点都位于单位圆内时，多项式 P(z) 和 Q(z) 具有如下性质：

[0022] P(z) 和 Q(z) 的零点都位于单位圆上，P(z) 和 Q(z) 的零点沿着单位圆上随着 ω 的增加交替出现，若除去 P(z) 的 1 和 Q(z) 的 -1 这两个零点，P(z) 和 Q(z) 还各有 M 个零点。当 A(z) 满足最小相位特性时，由线性预测系数唯一确定线谱频率参数。由 l_{sp_P}(i)、l_{sp_Q}(i) 计算反余弦得到 lsf_P(i)、lsf_Q(i)。

$$[0023] \quad lsf_P(i) = \arccos[l_{sp_P}(i)],$$

$$[0024] \quad lsf_Q(i) = \arccos[l_{sp_Q}(i)].$$

[0025] (4) 已知线谱频率参数 lsf(i)，求线性预测系数 a(i) 的方法为

[0026] 使用线谱频率参数 lsf_P(i) lsf_Q(i) 计算 lsf_P(i)、lsf_Q(i)，即

$$[0027] \quad l_{sp_P}(i) = \cos[lsf_P(i)],$$

$$[0028] \quad l_{sp_Q}(i) = \cos[lsf_Q(i)].$$

[0029] 使用 LSP 参数 $l_{sp_p}(i)$ $l_{sp_q}(i)$ 构建两个多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$

[0030] $P(z) = (1+z^{-1}) \prod (1-l_{sp_p}(i)z^{-1})$,

[0031] $Q(z) = (1-z^{-1}) \prod (1-l_{sp_q}(i)z^{-1})$ 。

[0032] 其中, Π 表示连乘。

[0033] $A(z)$ 用多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$ 表示为

[0034] $A(z) = [P(z) + Q(z)] / 2$ 。

[0035] 对音频信号进行线性预测分析时,分析精度与线性预测的阶数直接相关。对语音信号来说,10 阶线性预测分析就足够合成出高质量的语音。对音乐或具有复杂背景声的信号,则需要提高线性预测分析阶数以获得更多的频谱细节。但是高阶线性预测分析也带来了另外一些问题。在编码时,线性预测系数在传输之前要先经过量化,以降低数码率。线谱频率(线谱频率)具有良好的内插特性和抗量化误差能力,矢量量化通常在线谱频率域进行。但随着线性预测阶数增加,现有语音编码器均使用代数式方程求根法由线性预测系数 $a(i)$ 求解线谱频率参数 $l_{sf}(i)$,从线性预测系数计算线谱频率参数所需的运算量与线性预测系数个数的平方成正比;同时,即使采用分裂矢量量化技术,对高阶线谱频率矢量量化所需的码本体积也很大,故高阶线性预测分析在低码率、高质量语音编码器中的应用非常困难。

[0036] 缩略语和关键术语定义:VQ:Vector Quantization,矢量量化。线性预测:Linear Prediction,线性预测。线性预测系数:Linear Prediction Coefficient,线性预测系数。Levinson 算法:也称为 Levinson-Durbin 算法,莱文森-德宾算法,是一种基于自相关函数计算线性预测系数的方法。LSP:Linear Spectrum Pair,线谱对。LSF:Linear Spectrum frequency,线谱频率。

发明内容

[0037] 为了克服上述的不足,本发明的目的在于提供一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的语音编解方法,其能够应用于低码率、高质量语音编解码器中,能够减少对高阶线谱频率矢量量化所需的码本体积和计算量。

[0038] 本发明采取的技术方案分如下,分编码和解码两步骤:

[0039] 1、一种采用高阶线性预测系数分组矢量量化的语音编解方法;分编码和解码两步骤,

[0040] 第一步:编码,

[0041] 编码按照以下步骤进行:

[0042] (1) 使用莱文森-德宾算法进行高阶线性预测分析得到 R 个线性预测系数 $a(i)$ 并且 $R=dM$;已知 R 个线性预测系数 $a(i)$ 得到 R 个反射系数 $k(i)$ ($i=1, 2, \dots, R$);

[0043] 所述已知 R 个线性预测系数 $a(i)$,求 R 个反射系数 $k(i)$ 的递推方法为:

[0044] $k(m) = -a(m, m)$,

[0045] $a(m-1, i) = [a(m, i) + k(m)a(m, m-i)] / [1 - k(i)]$,

[0046] 其中, m 是阶数, $m=R, R-1, \dots, 1$; $a(m, i)$ 是进行 m 阶线性预测时的第 i 个线性预测系数, $k(m)$ 是第 m 个反射系数;

[0047] 所述 R, M, d 均为正整数, R 范围为 $10 \sim 100$, M 范围为 $8 \sim 16$; R, M, d 须满足关系

$R=dM$;

[0048] (2) 反射系数 k 分组器将 R 个反射系数 $k(i)$ ($i=1, 2, \dots, R$) 分为 d 组, 每组包含相邻 M 个反射系数 $k(i)$ ($i=1, 2, \dots, M$); 所述的第 j 组的第 i 个系数 $k(j, i)$ 与 $k(i)$ 的关系表示为 $k(j, i)=k(jM+i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$); 所述 R 、 M 、 d 均为正整数, 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 、 M 、 d 须满足关系 $R=dM$;

[0049] (3) 对每组 M 阶反射系数 $k(j, i)$, 经过 $k \rightarrow a$ 转化器计算出对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$); 所述 R 、 M 、 d 均为正整数, 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 、 M 、 d 须满足关系 $R=dM$, R 范围为 $10 \sim 100$;

[0050] 所述已知反射系数 $k(i)$, 求线性预测系数 $a(i)$ 的递推方法为:

[0051] $a(m, m)=k(m)$,

[0052] $a(m, i)=[a(m-1, i)+k(m)a(m-1, m-i)]$,

[0053] 其中, m 是阶数, $m=1, 2, \dots, M$; $a(m, i)$ 是 m 阶线性预测时的第 i 个线性预测系数, $i=1, 2, \dots, m-1$; $k(m)$ 是第 m 个反射系数;

[0054] (4) 对每组已知 M 个线性预测系数 $a(j, i)$ 经过 $a \rightarrow \text{lsf}$ 转化器计算出对应的线谱频率参数 $\text{lsf}(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$); 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, d 为正整数, R 、 M 、 d 须满足关系 $R=dM$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

[0055] 所述已知线性预测系数 $a(i)$, 求线谱频率参数 $\text{lsf}(i)$ 的方法为:

[0056] 使用线性预测系数 $a(i)$ 构建两个多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$;

[0057] $P(z)=A(z)+z^{-(M+1)}A(z^{-1})$,

[0058] $Q(z)=A(z)-z^{-(M+1)}A(z^{-1})$;

[0059] 所述 $A(z)=1+\sum_{i=1}^M a(i)z^{-i}$, M 是线性预测阶数, z 代表 Z 变换域的自变量;

[0060] 方程 $P(z)=0$ 与 $Q(z)=0$ 在余弦域根分别为 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$, $i=1, 2, \dots, M+1$, 称 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$ 为线谱对系数, 当 $A(z)$ 的零点都位于单位圆内时, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 的零点都位于单位圆上, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 的零点沿着单位圆上随着 ω 的增加交替出现, 若除去 1 和 -1 这两个零点, $P(z)$ 和 $Q(z)$ 各有 M 个零点, 当 $A(z)$ 满足最小相位特性时, 由线性预测系数 $a(i)$ 唯一确定线谱频率参数 $\text{lsf}_p(i)$ 与 $\text{lsf}_q(i)$, $i=1, 2, \dots, M/2$; 由 $\text{lsf}_p(i)$ 、 $\text{lsf}_q(i)$ 计算反余弦得到 $\text{lsf}_p(i)$ 、 $\text{lsf}_q(i)$;

[0061] $\text{lsf}_p(i)=\arccos[\text{lsf}_p(i)]$,

[0062] $\text{lsf}_q(i)=\arccos[\text{lsf}_q(i)]$;

[0063] $\text{lsf}_p(i)$ 、 $\text{lsf}_q(i)$ 交错排列

[0064] $\text{lsf}(2i)=\text{lsf}_p(i)$,

[0065] $\text{lsf}(2i+1)=\text{lsf}_q(i)$;

[0066] 得 $\text{lsf}(i)$;

[0067] (5) 矢量量化器使用相同的量化码本对 d 组线谱频率参数分别作矢量量化得到 d 个索引号, 索引号和其它编码参数一起被打包成比特流进入通信网络并被传送到输出端;

[0068] 第二步: 解码,

[0069] 解码按照以下步骤进行:

[0070] (1) 根据通信网络接收的 d 个索引号恢复 d 组线谱频率参数 $lsf(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$), 对 d 组线谱频率参数使用 $lsf \rightarrow a$ 转化器计算对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$); 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

[0071] 所述已知线谱频率参数 $lsf(i)$, 使用 $lsf \rightarrow a$ 转化器计算对应的 M 阶线性预测系数 $a(i)$ 的方法为:

[0072] 将偶数序号的 $lsf(i)$ 参数定义为 $lsf_p(i)$, 奇数序号的 $lsf(i)$ 参数定义为 $lsf_q(i)$,

[0073] $lsf_p(i)=lsf(2i)$,

[0074] $lsf_q(i)=lsf(2i+1)$;

[0075] 其中, $i=1, 2, \dots, M/2$; 对线谱频率参数 $lsf_p(i)$ 、 $lsf_q(i)$ 取余弦计算 LSP 参数 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$, 即

[0076] $lsp_p(i)=\cos[lsf_p(i)]$,

[0077] $lsp_q(i)=\cos[lsf_q(i)]$;

[0078] 使用 LSP 参数 $lsp_p(i)$ 、 $lsp_q(i)$ 构建两个多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$

[0079]
$$P(z)=(1+z^{-1})\prod_{i=1}^{M/2}[1-2lsp_p(i)z^{-1}+z^{-2}],$$

[0080]
$$Q(z)=(1-z^{-1})\prod_{i=1}^{M/2}[1-2lsp_q(i)z^{-1}+z^{-2}].$$

[0081] 其中, Π 表示连乘, z 代表 Z 变换域的自变量, M 是线性预测阶数代表系数 $a(i)$ 的数目;

[0082] 多项式 $A(z)$ 用多项式 $P(z)$ 和 $Q(z)$ 表示为

[0083] $A(z)=[P(z)+Q(z)]/2$.

[0084] 根据表达式 $A(z)=1+\sum_{i=1}^M a(i)z^{-i}$, 按照 z^{-i} 系数对应相等的原则, 确定出 $a(i)$

的值,

[0085] (2) 对 d 组 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$ 使用 $a \rightarrow k$ 转化器计算对应的 M 阶反射系数 $k(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1; i=1, 2, \dots, M$), R 、 M 、 d 须满足关系 $R=dM$; R 范围为 $10 \sim 100$; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

[0086] 所述已知线性预测系数 $a(i)$, 使用 $a \rightarrow k$ 转化器求反射系数 $k(i)$ 的递推方法为:

[0087] $k(m)=-a(m, m)$,

[0088] $a(m-1, i)=[a(m, i)+k(m)a(m, m-i)]/[1-k(i)]$,

[0089] 其中, m 是阶数, $m=M, M-1, \dots, 1$; $a(m, i)$ 是 m 阶的第 i 个线性预测系数, $k(m)$ 是第 m 个反射系数; 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$; 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

[0090] (3) 对 d 组反射系数 $k(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1$) 使用反射系数组合器按顺序组成 R 阶反射系数 $k(jM+i)=k(j, i)$ ($j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$); 所述 M 范围为 $8 \sim 16$, R 范围为 $10 \sim 100$, R 、 M 、 d 满足关系 $R=dM$, 所述 R 、 M 、 d 均为正整数;

[0091] (4) 对 R 阶反射系数 $k(i)$ 使用 $k \rightarrow a$ 转化器转换为 R 阶线性预测系数 $a(i)$ ($i=1, 2, \dots, R$): R 范围为 $10 \sim 100$, R、M、d 满足关系 $R=dM$, M 范围为 $8 \sim 16$, 所述 R、M、d 均为正整数;

[0092] 所述已知 R 阶反射系数 $k(i)$, 使用 $k \rightarrow a$ 转化器求 R 阶线性预测系数 $a(i)$ 的递推方法为:

[0093] $a(m, m)=k(m)$,

[0094] $a(m, i)=[a(m-1, i)+k(m)a(m-1, m-i)]$,

[0095] 其中, m 是阶数, $m=1, 2, \dots, R$; $a(m, i)$ 是 m 阶的第 i 个线性预测系数, $i=1, 2, \dots, m-1$, $k(m)$ 是第 m 个反射系数, R 范围为 $10 \sim 100$, R、M、d 满足关系 $R=dM$, M 范围为 $8 \sim 16$, 所述 R、M、d 均为正整数;

[0096] 本发明的有益效果如下:

[0097] (1) 显著降低使用高阶线性预测系数的语音编码器的运算量。将高阶线性预测系数分解为多组低阶线性预测系数, 然后再计算对应的线谱频率参数。计算多组低阶线谱频率参数所需的运算量要小于直接计算高阶线谱频率所需的运算量。

[0098] (2) 减少矢量量化所用码本的体积, 进而减少码本的存储量。将反射系数划分为多个子组, 然后将各子组的反射系数转化为线谱频率参数后分别予以矢量量化。各子组的线谱频率参数都分布在 $(0, \pi)$ 区间内, 因此使用相同的码本做矢量量化, 减少了总的码本矢量的个数, 从而节省了码本存储空间。

[0099] (3) 本发明适合应用到变码率分级语音编码算法中。各个子组根据反射系数划分, 而各个反射系数是与线性预测阶数无关的。基于此, 在传输码流时, 根据信道带宽情况, 首先传送低阶线性预测分析得到的反射系数生成的线谱频率系数索引; 若信道带宽允许, 再传输更高阶数的反射系数生成的线谱频率系数索引。

附图说明

[0100] 图 1 为语音通信过程示意图;

[0101] 图 2 为现有的基于线谱频率参数和矢量量化技术的语音编码器;

[0102] 图 3 为矢量量化原理图;

[0103] 图 4 为分裂式矢量量化原理图;

[0104] 图 5 为本发明技术原理框图。

具体实施方式

[0105] 基本的语音通信过程如说明书附图 1 所示, 原始的语音信号经过发送端语音编码器后变成码流, 码流经过信道传输到接收端的语音解码器后恢复出原始的语音信号。

[0106] 现有的基于线谱频率参数和矢量量化技术的语音编码器如说明书附图 2 所示, 原始的待编码语音信号 LP 分析模块后, 得到 LP 系数; LP 系数经过 LSF 计算模块后, 得到 LSF 系数; LSF 系数经过矢量量化模块后, 得到码本索引参数; 码本索引参数经过通信信道被传输到接收端。接收端解码过程与编码过程相反, 接收的经过逆矢量量化模块后, 得到 LSF 系数; LSF 系数经过 LP 系数计算模块后, 得到 LP 系数; LP 系数即被用于合成语音模块中来合成语音信号。实用的语音编码器的编码参数除了 LSF 码本索引参数外, 还包括如基音周期、

固定码本索引等,但这些参数的处理与本发明关联不大,故此处没有赘述。

[0107] 矢量量化原理图如说明书附图 3 所示,待量化的矢量通入码书搜索器,码书搜索器搜索编码器码本中与待量化的矢量最接近的码字,并将该码字索引经过通信信道传输到接收端。接收端解码过程与编码过程相反,码书提取器根据接收的索引,从解码器码本得到解码输出矢量。

[0108] 分裂式矢量量化原理图如说明书附图 4 所示,LP 系数 LSF 计算模块得到 LSF 系数,该 LSF 系数矢量被简单分割一系列长度较小的矢量。而后分别进行矢量量化得到多个索引值,这些索引值经数据打包,经过通信信道传输到接收端。接收端解码过程与编码过程相反,数据先经过拆包模块得到多个索引值,每个索引值经过反量化得到一系列长度较小的矢量,这些长度较小的矢量被 LSF 组合模块组合为 LSF 系数矢量,进而经过 LP 恢复模块恢复出 LP 系数用于合成语音。

[0109] 本发明采取的技术方案分两步骤:

[0110] 1. 编码技术方案:

[0111] (1) 使用莱文森-德宾算法进行高阶线性预测分析,得到 R 个线性预测系数 $a(i)$ 。适当选取 R,使之满足 $R=dM$ 。图 5 中, $a \rightarrow k$ 转化器使用背景技术中提及的方法,由 R 个 $a(i)$ 得到 R 个反射系数 $k(i)$, $i=1, 2, \dots, R$ 。

[0112] 在编码技术方案中涉及的变量 R、M、d 的取值范围均相同,R、M、d 均为正整数,R 范围为 $10 \sim 100$,M 范围为 $8 \sim 16$;R、M、d 须满足关系 $R=dM$;

[0113] 已知线性预测系数 $a(i)$,求反射系数 $k(i)$ 的递推方法为:

[0114] $k(m)=-a(m, m)$,

[0115] $a(m-1, i)=[a(m, i)+k(m)a(m, m-i)]/[1-k(i)]$ 。

[0116] 其中,m 是阶数, $m=M, M-1, \dots, 1$ 。 $a(m, i)$ 是 m 阶的第 i 个线性预测系数。 $k(m)$ 是第 m 个反射系数。

[0117] (2) 如图 5 所示,反射系数 k 分组器将 R 个反射系数分为 d 组,每组包含相邻 M 个反射系数。例如,第 j 组的第 i 个数 $k(j, i)$ 与 $k(i)$ 的关系表示为 $k(j, i)=k(jM+i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。

[0118] (3) 对每组 M 阶反射系数,图 5 中 $k \rightarrow a$ 转化器使用背景技术中提及的方法计算出对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。

[0119] (4) 对每组 M 个线性预测系数,图 5 中 $a \rightarrow lsf$ 转化器使用背景技术中提及的方法计算出对应的线谱频率参数 $lsf(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。由于这些组的线谱频率参数都分布在 $(0, \pi)$ 区间,分布情况类似,因此用相同的码本量化它们。

[0120] (5) 矢量量化器矢量量化使用相同的量化码本对 d 组线谱频率参数分别作矢量量化,得到 d 个索引号。这些索引号会进入通信网络,并被传送到输出端。

[0121] 2. 解码技术方案:

[0122] (1) 根据通信网络接收的 d 个索引号恢复 d 组线谱频率参数 $lsf(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。对 d 组线谱频率参数。对 d 组 M 阶线谱频率参数,使用图 5 中 $lsf \rightarrow a$ 转化器计算对应的 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。

[0123] 在解码技术方案中涉及的变量 R、M、d 的取值范围均相同,R、M、d 均为正整数,R 范围为 $10 \sim 100$,M 范围为 $8 \sim 16$;R、M、d 须满足关系 $R=dM$;

[0124] (2) 对 d 组 M 阶线性预测系数 $a(j, i)$, 使用图 5 中 $a \rightarrow k$ 转化器计算对应的 M 阶反射系数 $k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。

[0125] (3) 对 d 组反射系数 $k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1$ 。使用图 5 中反射系数组合器按顺序组成 R 阶反射系数 $k(jM+i)=k(j, i)$, $j=0, 1, \dots, d-1, i=1, 2, \dots, M$ 。

[0126] (4) 对 R 阶反射系数 $k(i)$, 图 5 中 $k \rightarrow a$ 转化器使用背景技术中提及的方法转换为 R 阶线性预测系数 $a(i)$, $i=1, 2, \dots, R$ 。

[0127] 以 $R=50$ 、 $M=10$ 、 $d=5$ 为例, 在线性预测系数编码输出 50bit 的情况下, 运算量、码本体积等的情况如下。

[0128]

| | 50阶线谱频率系数+ 直接矢量量化 | 5组10阶线谱频率系数+ 5组分组矢量量化 | 本发明 |
|------|----------------------------|--------------------------|-------------------------|
| 运算量 | 约 5×10^{16} 次乘加运算 | 约 8×10^4 次乘加运算 | 约 6×10^4 次乘加运算 |
| 码本体积 | 约 5×10^{16} 个存储单元 | 约 5×10^4 个存储单元 | 约 10^4 个存储单元 |

[0129] 以上所述, 仅为本发明较佳的具体实施方式, 但本实用新型的保护范围并不局限于此, 任何熟悉本技术领域的技术人员在本实用新型揭露的技术范围内, 根据本实用新型的技术方案及其发明构思加以等同替换或改变, 都应涵盖在本实用新型的保护范围之内。

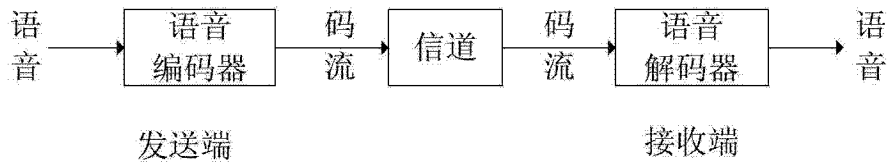


图 1

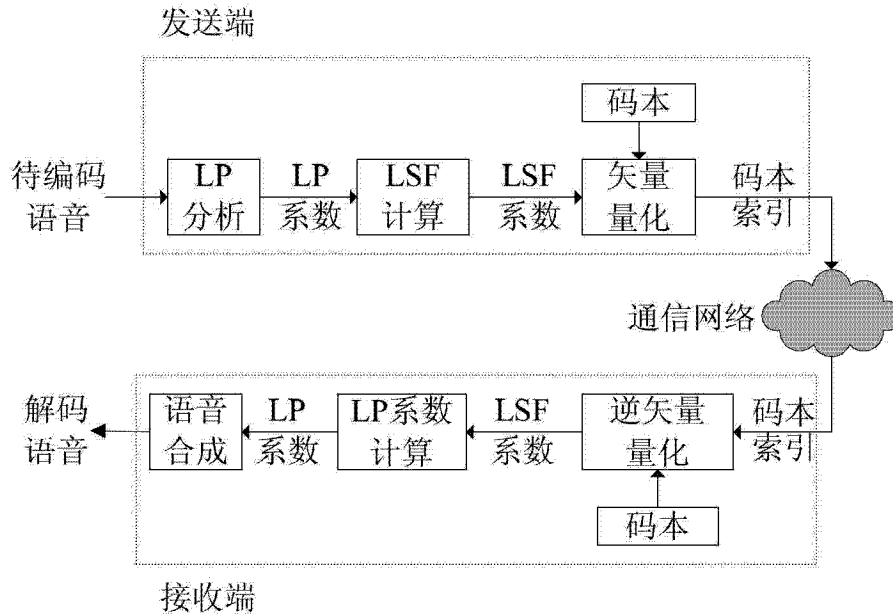


图 2

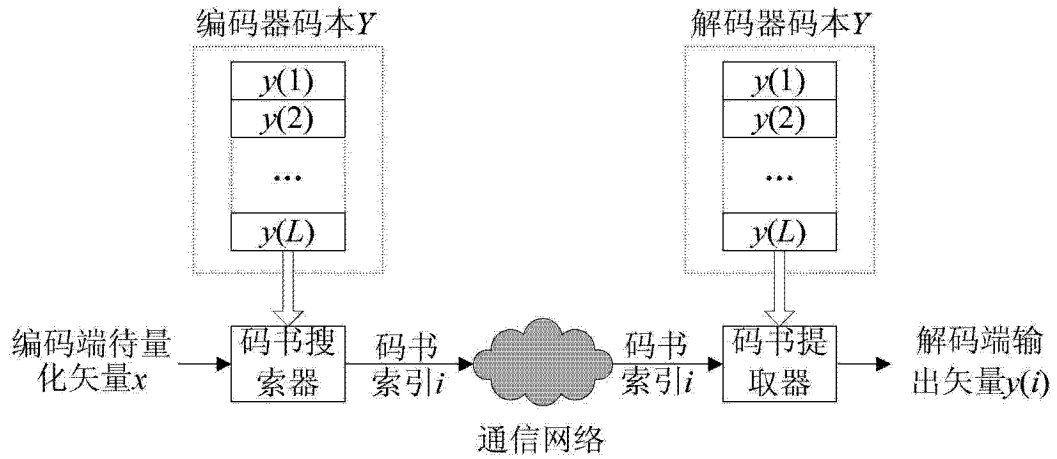


图 3

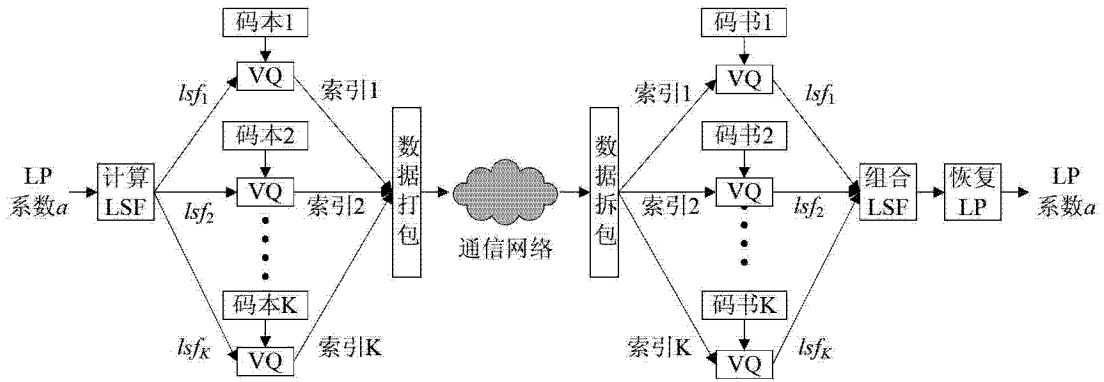


图 4

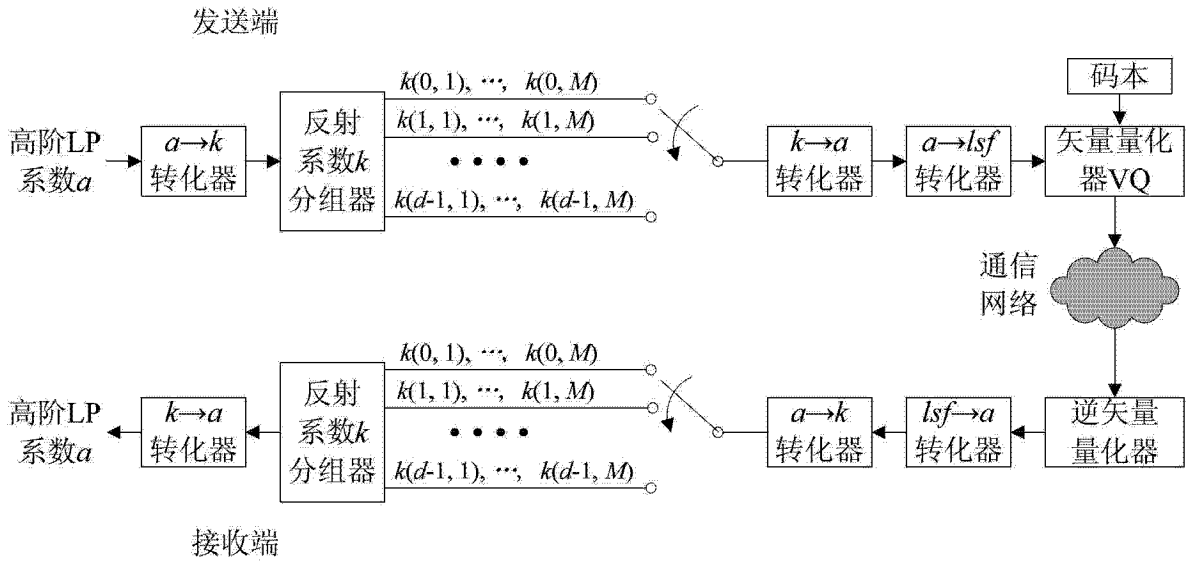


图 5