

文章编号：1005-8451 (2009) 12-0009-04

基音检测过程中减小共振峰影响的算法探究

刘 勇¹, 黄地龙¹, 王茂芝²

(1.成都理工大学 信息工程学院, 成都 610059; 2. 成都理工大学 信息管理学院, 成都 610059)

摘要：基音周期是语音信号最重要的参数之一，旨在比较基音周期提取过程中的带通滤波和中心削波两种方法。并且在此基础上比较自相关函数和平均幅差函数两种基音周期检测算法。经过实验，明显得出：综合带通滤波和中心削波两种方法之后，从而得到改进后的基音检测方法，能够更准确更有效地提取到语音信号的基音周期。

关键词：基音周期；带通滤波；中心削波；自相关函数；平均幅度差函数

中图分类号：U28 **文献标识码：**A

Study on pitch detection arithmetic with minimal effect on formant

LIU Yong¹, HUANG Di-long¹, WANG Mao-zhi²

(1.Chengdu University of Technology Information Engineering College, Chengdu 610059, China ;

2. Chengdu University of Technology Information Management, Chengdu 610059, China)

Abstract: Pitch Contour was one of the most important speech-signal parameters, it was designed to compare with two methods between band-pass filter and center-wave absorber in the process of detecting the pitch .On the base of it, it also discussed the distinguish between ACF and AMDF .The result of experiments presented, after integrating band-pass filter and center-wave absorber, a improved pitch detection method would detect the pitch more accurately and more effectively.

Key words: pitch contour; band-pass filter; center-wave absorber; ACF; AMDF

语音是语言的声学表现，用现代手段研究语音处理技术，使人们能更加有效地产生、传输、存储、获取和应用语音信息，对于促进社会的发展具有十分重要的意义。

语音信号分析是语音信号处理的前提和基础，只有分析出可表征语音信号本质特征的参数，才

收稿日期：2009-04-19

作者简介：刘 勇，在读硕士研究生；黄地龙，教授。

能利用这些参数进行高效的语音合成、语音识别等处理，其中基音周期是最重要的语音信号的特征参数。

声道特性与基音周期估计有关，会对基音周期检测造成一定干扰。从语音信号中去除声道的影响，直接取出仅与声带振动有关的声源信息并非易事。声道共振峰可能强烈改变声门波形的结构，从而严重影响激励信号的谐波结构，给基音检测造成困难。

力影响最大。

3 结束语

本文主要研究了动车组的开行间隔对不同种类列车平行运行图的影响，因为时间有限，所以对于多种类列车的非平行运行图尚未涉及。但是平行运行图作为列车运行图中最为基础、简单的一种运行图，也是我们此次研究不可跳过的一个阶段和必不可少的一个阶段。在今后的研究中，我们

将就动车组对不同种类列车的非平行运行图的影响做进一步的研究。

参考文献：

- [1] 杨 浩. 铁路运输组织学[M]. (2版) 北京：中国铁道出版社，1997.
- [2] 周嘉山. 计算机快速处理铁路列车运行图的新方法[J]. 铁道运输与经济, 1992 (9): 27-30.
- [3] 赵 跃, 韩宝明. 繁忙干线提速条件下客货分运的研究[J]. 北方交通大学学报, 1999, 23 (6): 103-108.

因此，减少声道共振峰的影响对基音周期的检测尤为重要，通常可以有两种方法：(1)采用带通滤波；(2)采用中心滤波。本文在探讨两种方法的基础上对自相关函数和平均幅差函数进行比较。

1 基音周期检测

在时间域里，语音信号可以直接用它的时间波形表示出来，通过观察时间波形可以看出语音信号的一些重要特性。语音信号属于短时平稳信号，一般认为 10 ms ~ 30 ms 内语音信号特性基本不变，或变化很缓慢。可以从中截取一小段进行分析。图 1 是一段语音时间波形。表示这段语音波形时采用的采样频率是 44 100 Hz，量化精度是 16 bit。从图 1 中可以看出，语音信号有一定的周期性。

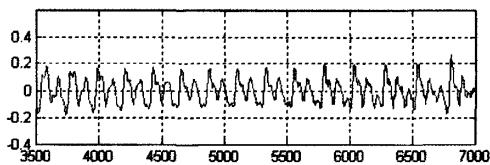


图 1 原语音信号

基音周期具有时变性和准周期性，它描述了语音激励源的一个重要特征。基音周期检测的最终目标是找出和声带振动频率尽量相吻合的基音周期变化轨迹曲线。

由于声道的易变性及声道特征因人而异，基音的范围又宽，即使同一个人在不同状态下发音的基音周期也会不同，加之基音周期还受单词发音音调的影响，因而基音周期的精确检测实际上比较困难。由于基音周期检测的重要性，提出了各种检测算法，自相关函数法 (AFC)、平均幅度差函数 (AMDF) 法、SIFT 和小波等。其中最常用的方法是基于时域的自相关函数法和平均幅差函数法。

时域处理的基本手段是使用一个长度有限的窗序列 $w(n)$ 截取一段语音信号进行分析，设原始语音信号取样序列为 $s(n)$ 。 $s_w(n)$ 表示原语音信号 $s(n)$ 经加窗 (hamming window) 处理后的离散序列。

1.1 自相关函数法

原理是周期信号的自相关函数将在时延等于函数周期的地方产生一个极大值，通过计算语音信号的自相关函数可估计信号的基音周期。

自相关函数用于研究信号波形的同步性、周期性。设 $s_w(n)$ 是一段加窗 (hamming window) 语音信号，它的非零区间为 $n=0 \sim (N-1)$ 。 $s_w(n)$ 的自相关函数称为语音信号 $s(n)$ 的短时自相关函数，用 $R_w(k)$ 表示，计算公式为：

$$R_w(k) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} s_w(n)s_w(n+k) = \sum_{n=0}^{N-k-1} s_w(n)s_w(n+k) \quad (1)$$

1.2 平均幅差函数法

当语音信号波形达到最佳匹配时，平均幅度差函数有最小谷值点。自相关函数存在大量的乘法运算，计算量相对很大的问题，引入一种同自相关函数有类似作用的参量，利用差值计算代替乘法运算，即用平均幅度差函数 (AMDF) $r_w(k)$ 来求基音周期，计算公式为：

$$r_w(k) = \sum_{n=0}^{N-k-1} |s_w(n+k) - s_w(n)| \quad (2)$$

在决定基音周期时，利用自相关函数在基音周期的各整数倍点上具有较高峰值的特点，检测峰值的位置就可提取基音周期值， $R_w(k)$ 会随着 k 的增大迅速衰减。与 $R_w(k)$ 相反的是在周期的各个整数倍上 $R_w(k)$ 具有谷值而不是峰值。对于准周期性的语音信号，其差值信号在周期及其整数倍处的值虽不等于零但必然很小。从图 2 得知：未经过滤波和削波处理的语音信号，采用自相关函数或平均幅度差函数提取基音周期都不是很明显。

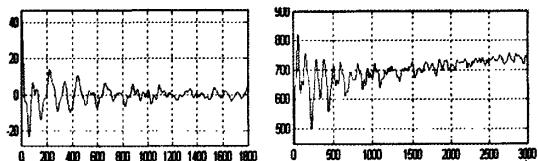


图 2 未经滤波和削波处理的自相关函数(左)和未经滤波和削波处理的平均幅度差函数(右)

事实上第 1 最大峰值或者谷值位置有时并不一定与基音周期吻合。一方面，受窗长 N 的影响。 N 越大，波形的细节就越清楚，有利于基音检测，但计算量较大， N 越小，计算量较小，但误差越大，一般认为 N 至少应大于 2 个基音周期。另一方面，声道的共振峰特性会对基音周期估计造成

干扰。这是因为语音信号包含丰富的谐波分量。由声道特性决定的语音信号的第一共振峰通常在300 Hz~1 000 Hz的范围内，有可能导致语音的第2个~第8个谐波分量幅度高于基频分量。丰富的谐波分量常常会产生基音周期估计出现“倍频”或者“半频”错误。

为了减少共振峰的影响，减少“倍频”和“半频”的出现机率，必须进行滤波或者削波处理。

1.3 带通滤波

语音基音的频率范围是50 Hz~450 Hz，为了保留语音的一二次谐波以保证的正确处理结果，一般先使语音信号通过一个频率范围为60 Hz~900 Hz的带通滤波器，下截止频率为60 Hz可以抑制电源的干扰，上截止频率为900 Hz不但可以保留基音的一二次谐波，还可以滤掉高次谐波。在语音信号中，基音的频率一般在100 Hz~200 Hz之间，而第一共振峰在300 Hz~1 000 Hz之间，通过带通滤波器，可以去掉语音信号中的高次共振峰。

1.4 中心削波

中心削波使用中心削波函数进行处理，中心削波函数如公式(3)：

$$y(n)=\begin{cases} s(n)-L & \text{当 } s(n)>L \\ 0 & \text{当 } |s(n)| \leq L \\ s(n)+L & \text{当 } s(n)<-L \end{cases} \quad (3)$$

有关削波电平的门限值L的选择存在一定的规律，L的取值对基音周期提取有一定影响。若L的取值偏大，则会使得原始语音信号丢失大量的数据，不利于基音周期的估计，误差偏大；倘若L的取值偏小，有利于基音周期的精确检测，不过计算量会加大。因此，本文采取了折中的取值方法，使L的值为最大信号幅度max的35%。

中心削波后，再用自相关函数法或平均幅差函数法检测基音频率，错判为倍频或分频的情况可减少，从而有效降低声道共振峰对基音周期提取的影响。为克服自相关函数计算量大的问题，在中心削波法的基础上，采用三电平削波法，算法如下：

$$y(n)=\begin{cases} +1 & y(n)>0 \\ 0 & y(n)=0 \\ -1 & y(n)<0 \end{cases} \quad (4)$$

对原始语音信号进行滤波和削波处理如下：

由图3可以得到以下结论：

(1) 当削波电平的门限值L为最大信号幅度

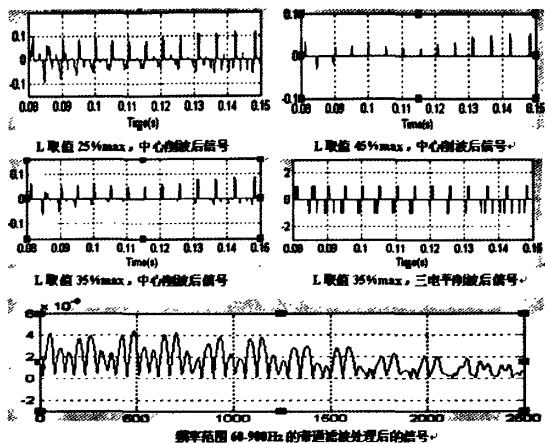


图3 中心削波、三电平削波、带通滤波效果比较

max的25%时，信号的周期性不明显，当L为最大信号幅度max的45%时，信号的周期性在明显衰弱，只有当L的值取得比较适中介于max的25%和max的45%之间时，信号的周期性才明显，更有效地降低声道共振峰对基音周期提取的影响；

(2) 在L取得适当的门限值后，对信号进行三电平削波处理后，周期性愈加明显，有利于后面对基音周期的提取；

(3) 削波处理，倍频或分频的情况比较严重，信号容易失真衰减；使用一定频率的带通滤波，可以去掉语音信号中的高次共振峰。

2 算法比较和综合

带通滤波、中心削波、ACF(自相关函数法)算法、AMDF(平均幅差函数法)算法的特点如下：

(1) 单独采用带通滤波的方式提取基音周期，可以去掉语音信号中的高次共振峰，但是不能有效地提取到语音信号的基音周期；

(2) 单独采用中心削波的方式提取基音周期，有利于基音周期的精确检测(削波电平的门限值L的选择是关键)，但是倍频或分频的情况比较严重，信号容易失真衰减；

(3) ACF算法的优点是算法简单，提取出的基音周期较为精确，受噪声的影响较大，抗噪性能较差；

(4) AMDF算法无需乘法运算，因而算法复杂度小，对语音信号幅度的快速变化较为敏感，当

语音信号幅度快速变化时，估计的精度会明显下降。

带通滤波和中心削波在基音周期提取过程中，虽然都起到了减小声道共振峰影响的作用，但它们均不能独立地完成基音周期的提取工作，它们需要配合 ACF 算法或者 AMDF 算法的进行，才能较为准确地完成基音周期的提取。

带通滤波和中心削波在配合 ACF（自相关函数法）算法或者 AMDF（平均幅度差函数法）算法进行基音周期的检测实验中，有如下对比实验：

(1) 第1组实验表明：单独使用带通滤波后，采用自相关函数或者平均幅度差函数提取基音周期，信号衰减程度小，基音周期不太明显；

(2) 第2组实验表明：单独使用中心削波后，采用自相关函数或者平均幅度差函数提取基音周期，信号衰减程度大，基音周期不太明显；

(3) 第3组实验表明：先中心削波再带通滤波处理后，采用自相关函数或者平均幅度差函数提取基音周期，信号衰减还是比较严重，基音周期比较明显；

(4) 第4组实验表明：先带通滤波再中心削波处理后，采用自相关函数或者平均幅度差函数提取基音周期，效果最佳。

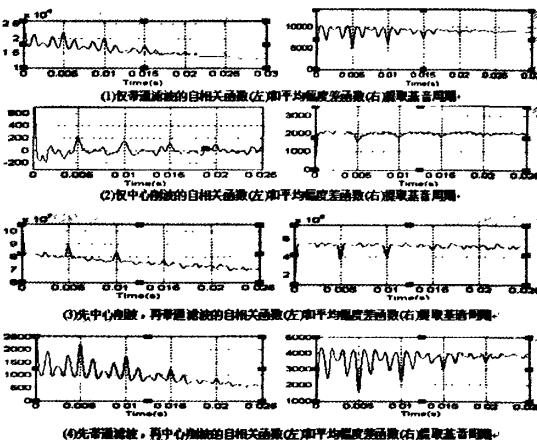


图 4 四组实验图

3 改进后基音检测算法

带通滤波或者中心削波对基音周期的提取均起到减小声道共振峰的作用，但是单独使用带通滤波或者中心削波处理语音信号，效果不佳，基音

周期仍不明显。依次通过带通滤波（仅仅允许频率为 60 Hz ~ 900 Hz 的语音信号通过），中心削波对语音信号进行预处理，再通过自相关函数（ACF）或者平均幅度差函数（AMDF）能提取到更为精确的基音周期信号。

改进后的基音检测算法：

(1) 输入原始语音信号；
(2) 对语音信号进行采样 (sampling) 加窗 (hamming window) 处理；

(3) 对采样后的原始语音信号进行 60 Hz ~ 900 Hz 带通滤波；

(4) 确定削波电平的门限值 L，对滤波后的信号进行中心削波处理，为了减小基音周期提取算法的计算量，再进行三电平削波处理；

(5) 应用自相关函数或者平均幅度差函数提取基音周期。

按照上述步骤对基音周期进行较为精确的提取，可以获得基音周期为 0.0050 s，也就是 5 ms。以上实验所得图形和数据必须借助 Matlab 数学软件进行分析处理。

4 结束语

由于自相关函数和平均幅度差函数法在没有经过滤波或削波处理后，常会导致半频 (half frequency) 或倍频基音的提取误差，我们在进行基音周期提取的前端加入带通滤波、中心削波、三电平削波等有效的预处理后，提出了这种改进的基音周期估计方法，实现了较精确的基音周期估计，有利于更进一步地研究语音信号的特点。

参考文献：

- [1] 赵力. 语音信号处理 [M]. 北京：机械工业出版社，2003, 3.
- [2] 边肇祺，张学工. 模式识别 [M]. (2 版) 北京：清华大学出版社，2003, 4.
- [3] 薛年喜. MATLAB 在数字信号处理中的应用 [M]. (2 版) 北京：清华大学出版社，2008, 1.
- [4] 胡瑛，陈宁，夏旭. 一种改进的自相关基音检测算法 [J]. 电子科技，2007 (2): 25-28.
- [5] 杨森斌，陈砚圃，李真. 一种改进的自相关函数基音检测算法 [J]. 现代电子技术，2008 (9): 135-137.