

$N = 0.9(2)$ 是第二次测量的结果。总的看来, 配测时差大, 则声速差亦大。其中以 $N = 0.9(1)$ 和 $N = 0.9(2)$ 的情况最明显。混合液中两种液体的比例完全一样, 由于配测时差不同, 声速相差很大。配测时差为 24h 的声速差为 30.6 m/s, 配测时差 1h 的声速差为 6.4m/s, 这显然是由于两种液体挥发速度不同所造成液体比例变化的结果。在 $N = 0$ 和 $N = 1$ 的情况下, 不存在液体挥发对配比的影响, 虽然其配测时差分别为 66h 和 24h, 但其声速差只为 0.6m/s 和 1.7m/s。图 3 中实验曲线和理论曲线在 $N = 0$ 时几乎完全重合。 $N = 1$ 时只在 20℃ 以后实验曲线稍高于理论曲线。这些较小的偏离是测量误差造成的。由此可见, 两种液体挥发速度不同造成液体配比变化, 是混合液的测量声速值偏离理论计算声速值的主要原因。表中声速差的大小与配测时差大小不完全对应, 这可能与配液误差及声速测量误差有关。(图 3 中 $N = 0.9$ 的实验曲线是第二次测量的结果, 即表 1 中 $N = 0.9(2)$ 的声速值)。

四、结 束 语

测量和分析表明, 用 (6) 式计算混合液声速与温度、液体比例的关系是可行的。由几种

挥发速度不同的液体组成的混合液, 在实际配液、降温和测量过程中, 由于挥发速度不同造成配比的变化, 给测量结果带来较大误差。在每种液体的 β_0 和 β' 不知道的情况下, 只需测量每种纯溶液在两个温度下的声速, 即可定出 β_0 和 β' , 然后用 (6) 式计算混合液的声速与温度、液体比例的关系。这样可避免由于每种液体挥发速度不同给测量结果造成的误差。

本文结果除对充液聚焦球内液体的选择和配制有重要意义外, 也适用于其它各种混合液。

声速是在声学所十二室测量的, 查济璇、郎蕴琪同志给了帮助, 周兰芬、许云先同志参加了资料整理工作, 谨向他们表示感谢。

参 考 文 献

- [1] Folds, D. L., *J. Acous. Soc. Am.*, **49** (1971), 1596.
- [2] Wallace, R. H. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, **57** (1975), 862.
- [3] Marks, B. M. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, **59** (1976), 813.
- [4] 邓文祥, 杨同盛, 杨吉波, 声学学报, 2(1982), 88.
- [5] 邓文祥, 杨同盛, 马凤岐, 声学学报, 1(1984), 55.
- [6] 汪德昭, 尚尔昌, 水声学, 科学出版社, 1981.
- [7] Wood, A. B., *A Textbook of Sound*, G. Bell and Sons, Ltd., London, 1960.
- [8] Л. Д. 朗道, Е. М. 栗费席兹, 连续介质力学, 第三册, 人民教育出版社, 1962.
- [9] 查济璇, 郎蕴琪, 应用声学, **3-3**(1984), 13.

并行处理提取基音法的改进及实现*

王福全 蔡长年 李昌立 莫福源

(北京邮电学院)

(中国科学院声学研究所)

1986 年 1 月 9 日收到

本文首先讨论了并行处理提取基音法的改进。计算机模拟试验表明, 改进算法的性能比原算法有提高, 运算量有较大减少。适用于当今的单片信号处理器实时实现。最后介绍了用一片 $\mu\text{PD}7720$ 实现的并行处理基音提取器, 并对其性能进行了初步评价。

一、引 言

基音是语声信号的一个重要参数。对如何有效而正确地提取基音, 人们进行了大量工

作^[1-5]。随着大规模集成电路技术的进展, 各种高性能的信号处理芯片的出现, 以前需要花费

* 高等学校科学技术基金及邮电部 1984(1983/1986) 科研基金资助项目。

很多芯片的基音提取器^[3-4],现只用一片即可实现某些算法了^[5]。本文讨论了并行处理算法的改进,并描述了用一片 NEC 公司的数字信号处理芯片 μ PD7720^[6-7] 实时实现该算法的工作。

二、并行处理提取基音法的改进

1. 算法的改进

Gold 和 Rabiner 提出的并行处理算法^[8]具有处理速度快、节省内存容量等优点。先对输入信号进行 60Hz—900Hz 的带通滤波,然后找出滤波后信号的峰值,并根据每个峰值的性质及它与前后峰值的关系生成六个脉冲序列。再从每个序列以简单的基音估值器得出一个估值,将相联的三个估值 (6×3) 结合起来产生一 6×6 矩阵,并据此进行一致性试验,判断是清音还是浊音,以及决定浊音时的基音周期估值。该算法是[8]中未改进的算法,以下简称 PPRORG。

改进的并行处理算法(以下简称 PPRIPV)框图与 PPRORG 相同,如图 1 所示。带通滤波器通带为 200Hz—540Hz。峰值处理产生六个脉冲序列, m_1 — m_6 , 参见图 2。

m_1 ——极大值; m_2 ——极小值乘负 1; m_3 ——极大值与前一极小值之和; m_4 ——极小值与前一极大值之和; m_5 ——极大值与前一极大值之差; m_6 ——极小值与前一极小值之差。

上述序列值为负时,令其为 0。其中 m_3 和 m_4 的产生方法与 PPRORG 的不同,这是为了使 m_3 和 m_4 有较多生成周期倍数关系的脉冲序列机会,从而由谐波成分提取出基频(在 200Hz 以下)不存在时的基音周期。

六个序列通过简单基音估值器 PPE1—PPE6 得到六个基音估值。简单基音估值器的工作参见图 3。与 PPRORG 不同的是,在指数衰减前它毋须保持时间。脉冲衰减到下一脉冲超过它为止的间隔,就是该估值器对周期的估值。本文的衰减常数固定为 $\tau = 0.0176$ 。

PPRIPV 的一致性试验与 PPRORG 的相同。六个简单估值器的最近三个时刻的估值,

最近时刻的估值分别与其之前的两个时刻估值之和,再加上这三个估值之和形成 6×6 矩阵,其中最近一个估值做为基音周期候选值。六个候选值分别与其它矩阵元素相减,差值绝对值 $NH = 4$ 时,相应候选值得 1 分。最高分大于 $ITR = 9$, 则判其为浊音,对应的候选值即为浊音周期估值,否则为清音。

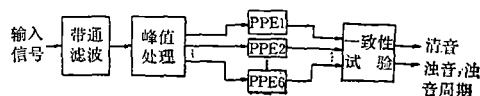


图 1 并行处理框图

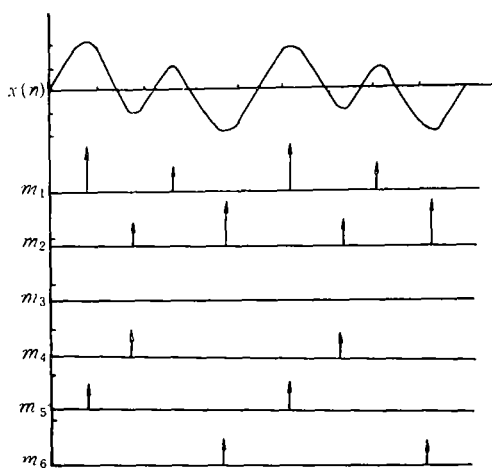


图 2 PPRIPV 的输入 $x(n)$ 及相应脉冲序列(峰值处理)

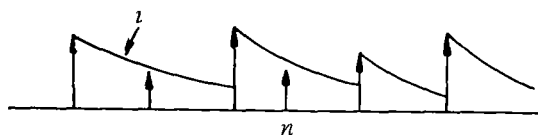


图 3 PPRIPV 简单基音估值器 (PPEi) 的基本工作

2. 模拟试验结果及比较

PPRORG 和 PPRIPV 算法被编制成 FORTRAN 程序,在 CROMEMCO 系统 III 微型计算机上进行模拟试验。本试验用的原始语音数据由五句男声(四个男人发音)和五句女声(两个女人发音)组成。标准结果的获得方法参见[2],它是通过对六种比较可靠的基音提取法的提取结果处理而得。

男声组和女声组的错误分析结果示于表 1

和表 2。大错误是指标准结果小于 50 个抽样(抽样率为 8kHz)时,与基音周期提取结果之差大于 8 个抽样(1ms),或者标准结果大于 50 个抽样时,差大于 12 个抽样(1.5ms);它主要由分频或倍频引起(PPRORG 男声组有 17 个倍频,1 个分频,女声组有 7 个倍频,10 个分频;PPRIPV 男声组有 15 个倍频,3 个分频,女声组有 2 个倍频,13 个分频)。清→浊帧数和浊→清帧数,分别表示清音误判为浊音以及浊音误判为清音的帧数。参数的具体定义详见

[1]。

在微机 CROMEMCO 系统 III 上运行 FORTRAN 语言编号的 PPRIPV 所耗时间大约是 PPRORG 的 2/3。

从表 1、表 2 看出, PPRIPV 的性能比 PPRORG 好。反映基音提取算法性能的两个主要参数大错误和浊音判为清音的错误都有减少。PPRIPV 的复杂性也得到简化, 处理时间缩短,提高了它的硬件可实现性。

表 1 男声组的错误分析结果

	大错误帧数	清→浊帧数与清音帧数比		浊→清帧数与浊音帧数比		小错误方差
		直接比	百分比(%)	直接比	百分比(%)	
PPRORG	24	94/251	37.5	81/621	13.0	1.96
PPRIPV	23	119/251	47.4	51/621	8.2	1.63

表 2 女声组的错误分析结果

	大错误帧数	清→浊帧数与清音帧数比		浊→清帧数与浊音帧数比		小错误方差
		直接比	百分比(%)	直接比	百分比(%)	
PPRORG	19	61/169	36.1	36/709	5.1	1.42
PPRIPV	16	85/169	50.3	25/709	3.5	1.38

三、PPRIPV 的硬件实现

1. 硬件框图

硬件框图如图 4 所示。输入信号经过 4kHz 低通滤波器到 A/D, A/D 抽样率为 8kHz, 并每隔 125μs 对 μPD7720 提取一次中断申请。7720 接收 8bit 量化的样值, 对其处理。处理串行进行, 每隔 10ms 产生一帧基音周期估值, 由此产生一个五点三角波激励源信号(清音时输出 0)。同样, 每隔 125μs 输出一激励源信号至 D/A, 然后经低通滤波器输出。本文用的 A/D、D/A 是美国数据系统公司的 12 位线性变换器, 这里仅采用了其低 8 位。

2. 程序结构

μPD7720 程序分主程序和中断处理两部分。启动电源后, μPD7720 复位执行一次初始化程序, 然后转至执行主程序。主程序每隔 10ms 启动一次, 主要完成图 1 的一致性试验部分工作, 执行完后处于等待状态, 由中断处理程序控制其启动。中断处理除输出激励源信号和接收输入信号外, 完成图 1 的带通滤波、峰值处理及简单基音估值器的工作。

7720 的程序 ROM、数据 ROM 及 RAM 的容量及利用情况见表 3。

表 3 7720 内存利用情况

	程序 ROM	数据 ROM	RAM
容 量	512×23	512×13	128×16
占 用	491×23	138×13	89×16

3. 性能

将语声信号经录音机进入上述基音提取

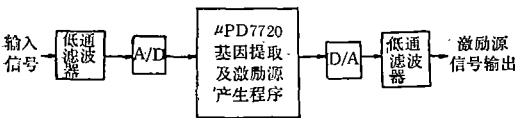


图 4 基音提取器硬件框图

器,处理后输出激励源信号。通过对几个男、女说话人的激励源信号试听表明:激励源信号基本上反映了原始语声的音调变化;由它能大致听懂原始语声的内容;女声的效果较男声好。

四、结 论

本文主要目的是改进并行处理提取基音法,以便于硬件实现。硬件研制及对其性能的初步检验表明,改进算法是有效的。整个基音提取器,除 A/D、D/A 及时钟控制信号产生电路外,仅用了一片 $\mu\text{PD}7720$,有利于体积减小,功耗节省。

参 考 文 献

- [1] Rabiner, L. R. et al., *IEEE ASSP*, 24-5(1976), 399.
- [2] 王福全, 通信学报, 待发表.
- [3] Dubnowsk, J. J. et al., *IEEE ASSP*, 24-1(1976), 2.
- [4] 李昌立等, 声学学报, 1(1979), 12.
- [5] Feldman, J. A. et al., *IEEE SC*, 18-1(1983), 2.
- [6] NEC MPD 7720 Preliminary, Digital Signal Processor, NEC Electronics (Europe) GmbH.
- [7] Preliminary EVAKIT-7720 Operational Manual, Personal Computer Division, Nippon Electric Co., LTD, June 22, 1981.
- [8] Gold, B. et al., *J. Acous. Soc. Am.*, 46-2, Part2 (1969), 442.

微机在有源消声中的应用*

沙 正 明 沙 家 正

(上海 交通大学) (南 京 大 学)

1985 年 12 月 19 日收到

本文讨论将微机技术引入单源有源消声器。微机控制其可变参数,使消声系统能对噪声源进行自动跟踪。其参数在一定范围内随着消声情况的变化而变化,始终保持最佳的消声效果。对线状谱噪声可将其剩余噪声控制在本底噪声或比本底噪声稍高一点的范围内 ($\sim 3\text{dB}$)。跟踪速度较快,最佳消声状态的稳定性也较好。

一、引 言

有源消声自三十年代在原理上提出,五十年代由 Olson 制造出第一个有实用价值的电子吸声器以来,其发展是十分迅速的。特别是六十年代后期到七十年代,电子技术的进步极大地推动了有源消声的发展^[1-3]。

目前,有源消声器已处于改进和提高的阶段,人们力求寻找既经济又有效的消声方法,使之实用化,本文研究的是微机自动控制技术在有源消声器中的应用。

二、原 理

有源消声的原理并不复杂,两列波沿同一方向传播,如果它们大小相等,位相相反就会互

相抵消。让其中一列波代表噪声声波,另一列波代表人造的“反噪声”声波,按上面的条件使两列波相消干涉,这便是有源消声的基本原理。实际作为一个消声器,要能够拾取一个波的信息,然后产生一个反相的声波,与原来的声波相消干涉,技术上还存在着许多问题和困难。

1. 单极子源有源消声器

管道中有源消声器的次级声源可以是双扬声器或三扬声器等组成的扬声器阵列,也可以是由单只扬声器所构成,它们通过吸收噪声能量或将噪声“反射”回去,达到消除噪声的目的。

在不需要考虑上游噪声情况的场合,用一只扬声器的单极子源有源消声器,结构比较简单。

* 中国科学院科学基金资助的课题。