

一种快速自助听力检查方法设计及实现

周 洋, 孙 超

(哈尔滨工业大学自动化测试与控制研究所, 黑龙江 哈尔滨 150001)

摘 要: 为解决当前听力缺陷人群不断增加, 而专业听力检查设备昂贵、检查过程繁琐、需要专业操作人员协助完成等问题, 设计并实现一种基于计算机的快速自助听力检查方法。通过该方法用户可以快速、独立完成纯音听力检查并了解自己的纯音听阈和听力损失情况。该听力检查方法具有操作简便、检查快速、硬件实现成本低等特点, 适用于城乡社区, 对于普及听力检查、提高人民生活质量具有重要意义。

关键词: 自助听力检查; 计算机技术; 纯音听阈; 听力损失

中图分类号: TH785+.1 **文献标识码:** B **文章编号:** 1003-7241(2014)01-0067-05

Design and Achievement of Fast and Self-Service Hearing Test Method

ZHOU Yang, SUN Chao

(Automatic Test and Control Institute, Harbin Institute of Technology, Harbin 150001 China)

Abstract: With a growing number of hearing defects population, the professional hearing test equipment is becoming expensive. To solve problems brought by the tedious process in detection and the requirement of specialized persons' aidance, a fast and self-service hearing test method based on computer is proposed. Utilizing this approach, pure tone audiometry is accomplished fast and independently, with the condition of pure tone threshold and hearing loss being rendered. The method, which is simple in operation, fast in detection, low in hardware resource, and suitable for both urban and rural communities, shows great significance in the improvement of individual's quality of life.

Key words: self-service hearing test; computer technology; pure tone threshold; hearing loss

1 引言

随着现代社会的不断发展, 影响听力健康的因素也愈来愈多种多样^[1], 听觉器官自然衰老、建筑工地、工厂、城市交通等环境噪声, 青少年学生无限制地听高分贝耳机音乐, 幼儿发育缺陷等, 从而导致听力缺陷人群不断增加, 而且大部分人群没有进行过听力检查和采取康复措施。然而, 当听力问题出现时已难以恢复正常听力。听力保护与康复是提高人民健康水平和生活质量的重要保障, 国际社会和我国政府高度重视听力健康工作^[2]。目前我国对听力的检查、评价及康复主要是由医学专业人员采用专业的听力检查设备在省市的聋人康复研究中心和大型医院进行, 检查时必须有专业操作

人员根据用户的反应改变信号频率和强度, 操作不方便, 而且检查过程漫长; 且专用设备成本高, 动辄几十万, 覆盖面窄, 难以普及至城乡。

国家标准中, 对于不加屏蔽的纯音检查, 采用升降法, 就是逐渐加大测试声级, 得出反应后又逐级降低测试声级, 如此反复上升三次, 下降三次^[3]。本文在研究声学纯音测听标准的基础上, 与听力学专家共同提出一种听力检查方法。该方法简化了国家标准中反复升降三次的听力检查流程, 使过程更快速, 而又保证了检查正确率。同时在检查过程中, 用户只需根据是否听到纯音信号, 做出相应反应, 程序就会按照测听流程自动调整纯音信号频率和强度, 不需专业人员协助即可独立完成听力检查, 更加方便老年人和残障人士使用。该听力检查方法具有筛选正常听力人群的功能, 并对听力损失用

收稿日期: 2013-04-22

户进行更加详细的听力检查并得到听力阈值,检查完成之后绘制听力曲线和评价听力损失水平。为保证计算机声卡发出的声音与其对应声量级匹配,需要在听力检查之前使用声级标仪对声音进行标定。

2 方法描述

根据纯音听阈测试法国家标准,与听力学专家提出的快速自助听力检查方法,首先使用25dB纯音信号筛除正常听力人群,之后采用升降法进行更加详细的听力检查。听力检查过程如下:

(1) 依次播放频率为1kHz、2kHz、4kHz、500Hz音量均为25dB HL的纯音信号,如其中任意一个信号播放时用户“听不到”,则立刻转到第二步;否则,若四个信号播放时用户都“听到”,则结束当前耳的检查,给出此耳听力正常的结果。

(2) 开始播放1KHz 70dB HL的纯音信号,如用户“听不到”,则以10dB一档加大测试音的音量,直到用户“听到”(包括70dB HL直接听到)。之后以10dB一档降低测试音的音量,直到“听不到”,然后再以5dB一档增加测试音的音量,直到“听到”,此时声音的分贝值称为听力阈值。

(3) 可由刚测得最邻近频率点的听阈减10dB开始,按照第二步的方法依次完成各频率点测试。测试频率点的顺序为1kHz、2kHz、4kHz、500Hz。

(4) 用同样方法选择另一只耳进行检查。

为防止用户误听导致听力检查结果不正确,该听力检查方法加入误听判断。用户发生误听时,该频点需要重新进行检查;若用户达到最大允许误听次数,则退出听力检查。误听的判断标准为:

(1) 同一频率点,某一分贝发声听到,比它高的分贝没有听到;

(2) 同一频率点,某一分贝发声没有听到,比它低的分贝听到。

该听力检查方法通过两升一降法使得听力检查更加快速;加入误听判断,保证了听力检查的准确性;检查完当前频点,会自动调整纯音信号频率和强度进行下一频点听力检查,实现自助式听力检查。

3 设计与实现

根据上述方法描述,参考标准纯音听力计设计^[4],提出快速自助听力检查实现框图如图1所示。首先由专业

人员进行声音标定,之后由用户开始自助听力检查,计算机根据听力检查流程产生与播放纯音信号。听力检查完成之后,会根据用户纯音听力阈值绘制听力曲线,并进行听力损失水平评价。

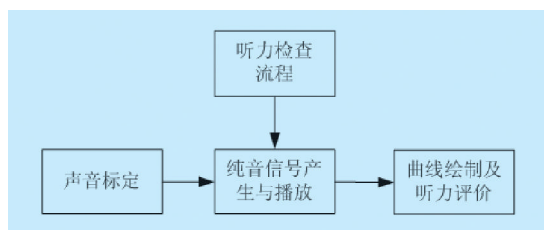


图1 快速自助听力检查实现框图

3.1 声音标定

为使用户听到的音量与提示分贝值对应,需要在听力检查之前使用专用声音标定仪器对其进行标定。标定数据保存在声音标定数据表中。

根据医学标准,听力检查中声音强度使用声压级(单位dB)表示,而计算机上则使用16位无符号整型表示声音强度。故在进行听力检查时,需要将计算机声卡发出的声音转化成与之相对应的声压级,并依此来绘制听力曲线。

要将计算机上的声音转化成声压级,就需要对计算机产生的声音进行逐个标定。因为计算机上产生的声音可分为 $65536(2^{16})$ 个量级,无法一一标定,故采用关键点标定的方法,即选取有代表性的音量,测试其声压级。经测试,计算机声卡产生的音量与声压级对应关系如图2所示。

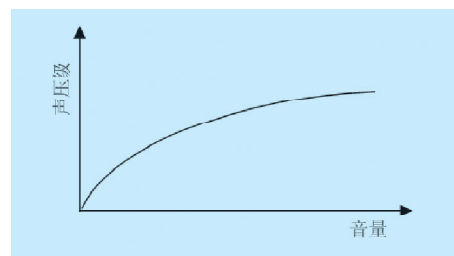


图2 音量与声压级对应关系图

选定的16个待标定点为 $2^i - 1 (1 \leq i \leq 16)$,经过测试其声压级,得到16个音量-声压级对。16个点将图2中曲线划分为15段。采用分段线性插值的方法可以得到任意音量的声压级。如图3,若想对音量 V 进行标定,先求的它所位于的曲线段,即: (V_i, V_{i+1}) ,从而得到音量-声压级对 (V_i, D_i) 和 (V_{i+1}, D_{i+1}) ,则可确定

(V_i, D_i) 和 (V_{i+1}, D_{i+1}) 两点之间的一段直线。

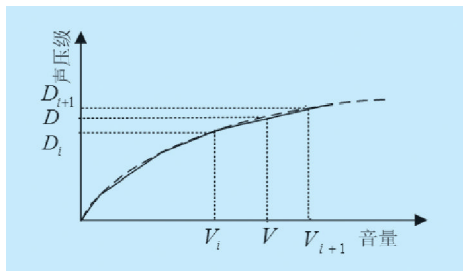


图3 声级强度标定示意图

通过线性插值则可得与音量 V 相对应的声压级 D , 如下式所示:

$$D = \frac{D_{i+1} - D_i}{V_{i+1} - V_i} (V - V_i) + D_i$$

3.2 纯音信号产生与播放

通过计算机声卡产生纯音信号, 用户通过耳机接收。在 Windows 操作系统下, 可以调用声音相关 API 来实现音量控制、纯音信号播放等^[5]。声音产生过程如图 4 所示。

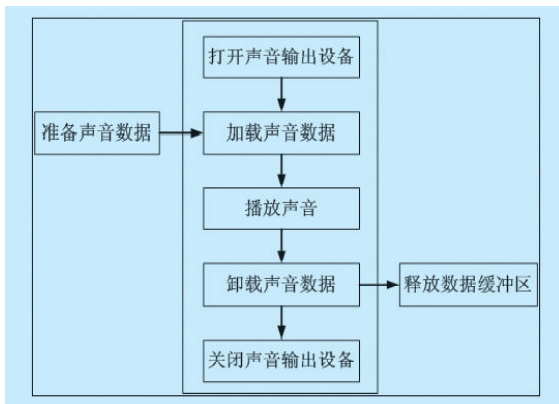


图4 声音产生流程图

准备声音数据就是将产生的待播放声音数据填充到数据缓存区, 为产生纯音信号, 这里使用正弦波数据填充缓存区。设采样频率 sps , 对纯音信号 $A \times \cos(2\pi \times freq)$ 的采样时间 t , 将该数据存入缓存区, 则缓存区的长度 l 为:

$$l = t \times sps$$

第 $i+1$ 个数据为:

$$A \times \cos\left(\frac{2\pi \times freq}{sps} \times i\right)$$

该长度为 l 的缓存区, 即为频率 f , 持续时间 t 的纯音信号。

根据声卡纯音信号产生的原理, 纯音信号播放函数

的详细流程如图 5 所示。

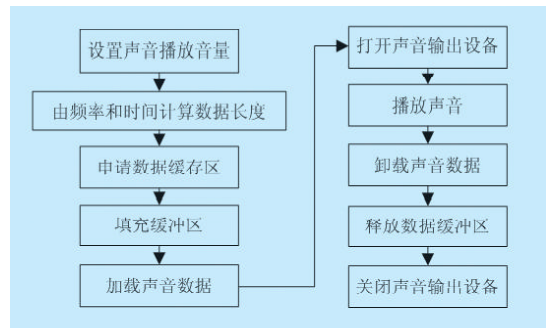


图5 声音播放流程图

设置音量可通过 CMixer 类中 SetVolume(DWORD LValue, DWORD RValue) 来实现; 声音播放通过调用 Windows API 实现, 具体由 CSoundPlay 类中 Beep(double Freq, double During) 函数封装实现。如需实现播放左耳音量 1100 的 2000Hz 纯音信号 0.5s, 代码实现如下:

```
CMixer m_Mixer;
m_Mixer.SetVolume(1100, 0); //设置音量:
左声道 -1100, 右声道 -0
CSoundPlay m_SoundPlay;
m_SoundPlay.Beep(2000, 0.5); //播放纯音
信号:2000Hz,持续时间:0.5s
```

3.3 听力检查流程

根据听力检查方法设计程序流程如图 6 所示。

3.4 曲线绘制及听力评价

听力曲线以频率(Hz)为横坐标, 声压级(dB)为纵坐标绘制。在听力图中, 左耳听阈值用“X”表示, 为蓝色标记; 右耳听阈值用“0”表示, 为红色标记^[6]。

听力损失水平评价是将听力检查结果依照世界卫生组织制定的听力障碍分级标准而恰当定级。以耳朵 0.5kHz、1kHz、2kHz、4 kHz 的纯音听阈平均值为依据将听力障碍分为五级^[7]:

(1) 小于 25dB HL —— 听力正常 日常交流无任何问题。

(2) 26~40dB HL —— 轻度耳聋 日常交流稍有困难, 需要注意保护听力。

(3) 41~60dB HL —— 中度耳聋 日常交流有困难, 建议佩戴助听器。

(4) 61~80dB HL —— 重度耳聋 日常交流极度困

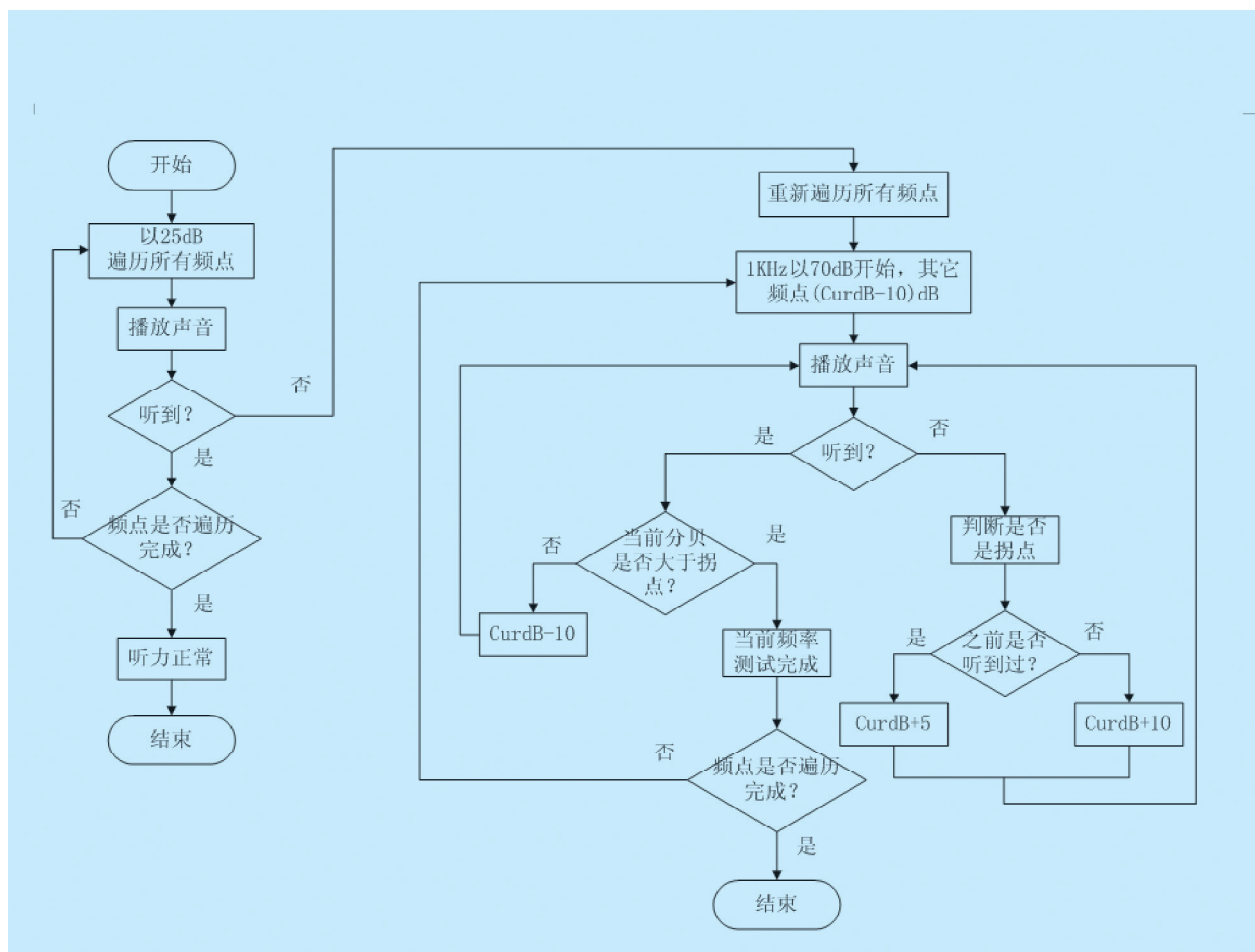


图6 自助听力检查流程图

难, 必须佩戴助听器才能正常交流。

(5) 大于 80dB HL ——极重度耳聋 日常交流无法进行, 必须佩戴助听器或人工耳蜗。

如果用户纯音听力各个频点平均阈值位于某一等级, 就会显示相应的建议。听力曲线与听力评价如图7所示。

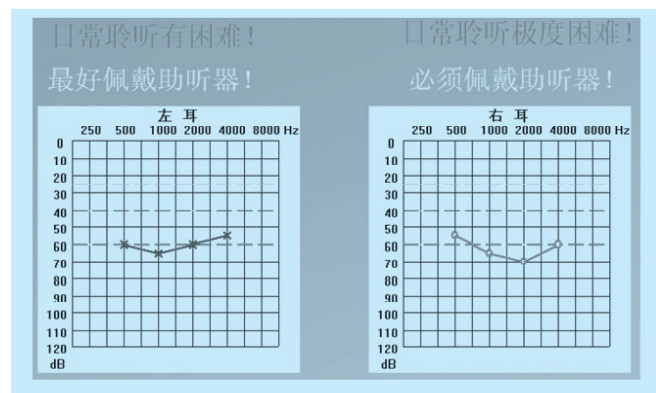


图7 听力曲线与听力评价

在Dell Optiplex 360计算机(CPU: Intel Core2, 声卡: Intel 82801G (ICH7))上, 自助听力检查3分钟内完成, 而专用的医学听力计需要5分钟甚至更长时间才完成听力检查。

表1 部分频点、分贝值及用户响应

左右耳	筛查频点 Hz	分贝值 dB	是否听到
左耳	1000	25	已听到
左耳	2000	25	未听到
左耳	1000	70	已听到
左耳	1000	60	未听到
左耳	1000	65	已听到
左耳	2000	55	未听到
左耳	2000	65	已听到
左耳	2000	55	未听到

听力检查过程中部分信号频点、分贝值及用户响应如表所示。首先进行左耳听力检查, 先播放 1000Hz, 25dB 纯音信号, 用户“听到”, 则播放 2000Hz, 25dB 纯音

4 结果分析

信号,用户“未听到”,跳到第二步,符合听力检查流程。第二步首先播放1000Hz,70dB分贝纯音信号,用户“听到”,之后以10dB一档降低音量,播放60dB纯音信号,用户“听不到”,然后以5dB一档增加音量,播放65dB纯音信号,用户“听到”,65dB即为1000Hz频点的听力阈值,然后以55dB进行2000Hz频点测试,该过程与听力检查流程完全吻合。

表2 听力检查结果对比

	快速自助听力检查	听力检查设备
500Hz	55dB	55 dB
1000 Hz	65 dB	65 dB
2000 Hz	60 dB	60 dB
4000 Hz	60 dB	60 dB

该方法进行听力检查与中国聋儿康复研究中心医学部听力检查设备进行听力检查结果对比如表所示,可以看出,虽然该方法简化了听力检查流程,但检查结果准确性很高。

5 结束语

本文提出一种快速自助听力检查方法,该方法简化听力检查流程,使检查过程更快速,检查时间小于3分钟;听力检查过程中根据用户响应自动修改纯音信号的频率及强度;通过加入用户逻辑错误判断保证听力检查

准确性;基于计算机,不需专用硬件,实施成本低,对于普及听力检查,提高生活质量具有重要意义。

参考文献:

- [1] 于丽珍,孙喜斌,魏志云等.全国老年听力残疾人群现状调查研究[J].中国听力语言康复科学杂志.2008(3):63-65.
- [2] 蒋涛,邹凌.老年性听力损失和干预策略现状和新进展(1)[J].听力学及言语疾病杂志.2006,14,(5):363-368.
- [3] 顾瑞,王乃怡等.GB/T 16403-1996 声学 测听方法 第一部分:纯音气导和骨导听阈基本测听法[S].中国标准出版社.1996:7-8.
- [4] 章句才,邱建华等.GB/T 7341.1-1998 听力计第一部分:纯音听力计[S].中国标准出版社.1998:9.
- [5] CHARLES PETZOLD.Programming Windows[M].方敏、张胜梁、路平等译[M].北京:清华大学出版社.2010:975-1077.
- [6] 王乃怡等.GB/T 7583-1987 声学纯音气导听阈测定听力保护用[M].北京:中国标准出版社.1987:7-8.
- [7] 孙喜斌等.第二次全国残疾人抽样调查听力残疾标准的制定[J].中国听力语言康复科学.2007,(1):10-13

作者简介:周洋(1989-),男,硕士生,研究方向:听力检查方法研究及计算机实现。

(上接第62页)

动等优点,提出了新的设计方案。提高了控制系统的自动化水平,增加了安全保障,充分体现了以人为本,安全第一的技术管理理念。此系统的设计体现了“纵深防御、冗余性、多样性、独立性”的安全设计原则,大大地降低了放射事故发生的概率。为减少核辐射事故的发生提供了充分的保障,安全是效益的保障,安全是最大的经济增长点。安全是确保企业的生产长期稳定运行,是创造良好经济效益的前提,若全国的所有小钴源的控制系统安全能够全面的提高,将为避免国家的核事故发生起到不可估量的作用,其社会效益的意义远远大于经济效益。

参考文献:

- [1] 弭洪涛.可编程控制器[M].南京:东南大学出版社,2005:

56-112.

- [2] 阳宪惠.现场总线技术及其应用[M].北京:清华大学出版社,1999:238-254.
- [3] 吴根茂,邱敏秀,王庆丰.实用电液比例技术[M].浙江大学出版社,2004:146-233.
- [4] 邓飏,邱义,张宝生.基于电液比例技术的快速自动调平系统[J].兵工自动化,2009,28(1):70-75.
- [5] 黎职富,肖昌炎,彭楚武.工程机械新型电液比例阀放大器设计[J].微计算机信息,2008,24(52):282-284.
- [6] 周志敏,纪爱华.触摸屏实用技术与工程应用[M].北京:人民邮电出版社,2011:63-128.
- [7] 陈世利,孙墨杰,栗大超等.触摸屏的工作原理及典型应用[J].单片机与嵌入式系统应用,2002,6(2):11-13.

作者简介:蒋继成(1978-),男,硕士研究生,研究方向:控制理论与控制工程。