《基于移动终端的听力测试及补偿系统设计与实现》摘要

指导老师：赵力 教授

研究生姓名：章勤杰

随着社会不断进步和发展，听力问题越来越受到人们的关注和重视，听力损失和听力障碍正成为影响人们正常生活的一大因素。出现听力问题的原因多样：工作或生活中的各种环境噪声；随着年龄增长而出现的听力衰减；新生儿的先天性听力障碍等等。世界卫生组织（World Health Organization，WHO）研究显示，听力障碍患者的人数是当前残疾人中数目最多的一类。早在2006年，国家发布的残疾人调查数据显示，当时我国有听力残疾人士2780万，其中很大一部分是老年人，然而仅三年之后（截止于2009年），来自英国医学听力研究学会的一份统计报告表明，全世界大约有 6 亿听力损伤患者，而其中有 1.4 亿的听力障碍患者来自我国，听力障碍问题可见一斑。听力障碍人群数目增加一方面是由于轻微的听力损伤并不会对正常生活造成太大影响，普通人缺乏保护听力的意识，也不了解听力保护的相关知识，持续的听力损伤使得人们的听力水平下降到一定水平，最终影响人们的正常生活和交流；另一方面，随着年龄的增长，身体生理机能的逐渐衰退是造成许多老年人听力障碍的根本原因，而老龄人的听力障碍常被不闻不问、置之不理。听力水平下降会导致人的交流障碍、听障人群参与社会活动的能力降低、社交活动减少，严重的出现心理障碍、自闭，甚至会诱发老年痴呆。因此，听力障碍人群的生活质量是社会亟待关注和解决的问题之一。

针对上述听力障碍的问题，人们使用助听器帮助听力障碍人群恢复听觉功能、提高生活质量。然而助听器并非只是一个简单的音频放大器，它十分精密，需要根据听力损伤情况进行科学的验配，方可达到效果，如若验配不佳，甚至会反过来损伤听力。此外，由于技术垄断等原因，只有少数的听力障碍患者能佩戴助听器，数据显示，仅有5%左右的中国听力损伤患者选配助听器；而在佩戴助听器的听力障碍患者中，由于听力检查和验配等不合适也导致许多患者不满意，效果不佳。一份来自MarkeTrak VII的报告显示，助听器市场助听器使用满意程度只有71%。提高听力障碍患者的听觉功能面临巨大挑战。助听器的验配对提高听障患者使用助听器的体验和效果至关重要，而听力检查和测试又是助听器验配的主要内容。目前而言，听力检查主要是在各省市大型医疗机构中完成，其所用到的设备大多需要进口，设备成本较高，覆盖面窄；检查过程中需要专业人士对待测者的反映进行判别，操作繁琐漫长。限于这些困难，许多需要进行听力检查或是想通过听力检查来了解自身听觉功能的人群接受听力检查机会较少。

本文主要研究内容总结如下：

1.对助听器相关的听力测试以及助听补偿理论基础进行介绍。首先，分析人耳结构以及听觉系统接受并传导声信号的过程，为听力损失生理原理提供依据；随后本章介绍基本听力测试项内容以及听力损失的定级方法；最后，对听力损失治疗方案进行简要介绍。

2.对响度补偿算法处理后语音信噪比以及噪声环境下语音可懂度提高等问题，研究谱对比增强算法，并提出一种结合共振峰和谱对比增强的响度补偿算法。算法从语音基本特征入手，利用快速傅里叶变换模拟多通道处理，对每帧信号整体频谱进行补偿处理，同时对传统处方公式进行改进，增加限幅输出原则，以保护佩戴者听力能力。算法计算量较低，适合移动终端的通用计算能力，同时输出语音频谱共振峰频点处得到较多补偿，语音整体可懂度有所提高，并且经过共振峰增强和谱对比增强之后语音信号信噪比得到提升，频谱清晰度提升，处理后的语音最后经过响度增益增强，保证了听损严重区域的频谱强度以及语音的整体声强。算法旨在响度补偿算法的频谱微处理，通过语音特征的增强以及整体频谱的对比均衡处理，提高响度补偿算法所输出语音的可懂度，以及其抗噪能力，为助听器响度补偿算法研究特别是植入耳蜗噪声环境下补偿效果提升提供思路和方案。

3.针对传统频率补偿方案的局限性提出一种基于频谱拉伸压缩处理结合的频率补偿方法。传统频率补偿方案均针对最高频段听损严重患者进行降频补偿，有的通过频谱压缩达到降频效果，有的则通过频谱搬移完成，其目的是充分利用患者剩余听力良好频段，将高频信息转移至较低频段。然而，这种转移的前提是听损患者是高频听损严重类型，且此类处理方法对频谱的影响较大，补偿后语音变化较大。频谱伸缩算法亦是以充分利用患者剩余听力良好频段为目的，设计一种新的频谱变化方案。根据患者听力图类型确定压缩频段和拉伸频段，尽量将听损严重频段的信号扩散至听力情况良好的频段，同时控制压缩和拉伸的程度，减小频谱压缩和拉伸处理带来的副作用。算法对听损严重患者听力图进行分类，并针对不同类型的听力图提供不同的补偿方案，使算法的适应性和适用性得到较好提高，同时补偿方案也更具有定制性，与待补偿患者的听力情况更为贴切。

4.首先阐述听力测试系统各部分结构及原理，在已有测听理论的基础上，基于移动终端完成各测试操作流程设计，并编程实现各个测试具体内容，同时考虑到系统设计的初衷以及使用者操作的便利性，部分测试以放弃测试结果精确程度的代价，极大降低测试复杂度和耗时，同时所提供的频率分辨精度能够使受试者对其自身听力情况有基本的了解。接着，本章对助听补偿系统结构进行分析，并分析听力测试及助听补偿系统的整架构。随后给出听力测试系统和助听补偿系统间的联系文件的详细结构。最后，对系统中各个功能进行展示及测试，并对每个测试功能进行简要分析。至此，整个听力测试和助听补偿系统基本阐述完成。