

## PDA Based Audiometric System and its Database Structure

金敬燮<sup>†</sup> · 李定桓<sup>\*</sup> · 辛承元<sup>\*\*</sup> · 尹泰皓<sup>\*\*</sup> · 李相旻<sup>\*\*\*</sup>  
 (K. S. Kim · J. W. Lee · S. W. Shin · T. H. Yoon · S. M. Lee)

**Abstract** - In this paper, we tried to implement a PDA (Personal Digital Assistant)-based audiometric system to test hearing disorder. Due to the inherent handy nature of PDA system, our hearing test system can be easily performed in an user's local environment and consequently the measured audiometric data can be stored and queried locally via a built-in PDA database system.

**Key Words** : PDA, Audiometric System, Database

### 1. 서 론

현대인들은 일상생활에서 항상 소음에 노출되어 있기 때문에 청력 손상으로 인한 청력 검사가 필요한 경우가 많다. 하지만 대다수의 경우 시간을 내어 병원을 방문하여 청력 검사를 받기가 힘들고, 또한 청력 검사를 받기 위하여 매번 병원을 방문한다면 비용 면에서도 비효율적이다. 그러므로 어디에서든지 간편하게 청력 검사를 수행할 수 있는, 이동성 청력 검사 시스템 (Audiometry System)이 필요하다. 이동형 단말기를 이용한 청력 검사 시스템은, Nakmura[1]가 이동전화를 이용, PC 서버 시스템에 접속하여 청력 검사 프로토콜을 실행하고, 이에 따른 청력 검사 결과를 이동 전화의 단말기에 표시하는 형식으로 구현하고자 하였다. 그러나 이 시스템은 PC 서버 시스템에 접속을 해야 되기 때문에 독립적인 PDA 기반의 청력 검사 방법으로 해석되기는 어렵다. 따라서 본 논문에서는 병원의 차폐실이라는 특수한 환경에서 청력 검사를 시행하는 기존의 청력 검사 시스템을 대신하여, PDA (Personal Digital Assistant)를 이용하여 독립적으로 사용자가 청력을 쉽게 검진할 수 있는 소위 '이동형 청력 검사 시스템'을 구축하고, 또한 환자 정보와 청력 검사 결과를 효율적으로 PDA의 로컬 DB에 저장하고 관리하기 위한 데이터베이스 시스템을 구축하고자 하였다.

### 2. 청력 검사

#### 2.1 순음 청력 검사의 정의

순음 청력 검사 (Pure Tone Audiometry)란 음차, 즉 소급

쇠 등에서 발생하는 일정한 주파수를 가진 순음을 전기적으로 발생시켜 각각의 주파수 대역에 따라 음의 강도를 조절하여 청각의 청력 역치를 측정하는 검사이다.

#### 2.2 청력 역치 (threshold) 측정법

청력 측정은 좋은 귀를 먼저 검사하고 나쁜 귀를 나중에 검사하지만, 좋고 나쁨의 차이가 없으면 오른쪽 귀를 먼저 검사하는 것이 원칙이다. 또한 난청 환자의 보청기 보정을 위하여 여러 주파수 대역별로 청력 검사를 실시하는데, 일반적으로 검사를 수행하는 주파수 대역은 250Hz, 500Hz, 1KHz, 2KHz, 4KHz, 8KHz의 6개의 주파수 대역이다[2]. 청력 측정시 검사하는 주파수의 순서는 듣기에 제일 편안하고 검사자의 긴장을 이완시킬 수 있는 1KHz부터 시작하여 2KHz, 4KHz, 8KHz를 검사하고 다시 1KHz, 500Hz, 250Hz의 순서로 검사한다. 검사 방법으로는 들리지 않는 강도에서부터 시작하여 들리는 음을 찾는 '상승법' 과 이와는 반대로 들리는 음에서 시작하여 청력 역치를 찾는 '하강법', 그리고 이 두 기법을 혼합하여 측정 시간을 단축시킬 수 있는 '혼합법'이 있다[2]. 그림 1은 '상승법'을 이용한 검사 방법을 보여주며, 본 시스템에서는 '상승법'을 청력 검사 방법으로 채택하였다.

<sup>†</sup> 교신저자, 正會員 : 建國大學校 醫療生命大學 醫學工學部 助教授 · 工博

E-mail : kyeong@kku.ac.kr

<sup>\*</sup> 正會員 : 建國大學校 醫學工學部 助教授 · 工博

<sup>\*\*</sup> 學生會員 : 建國大學校 醫學工學部

<sup>\*\*\*</sup> 正會員 : 全北大學校 生體情報工學部 助教授 · 工博

接受日字 : 2005年 11月 16日

最終完了 : 2005年 12月 5日

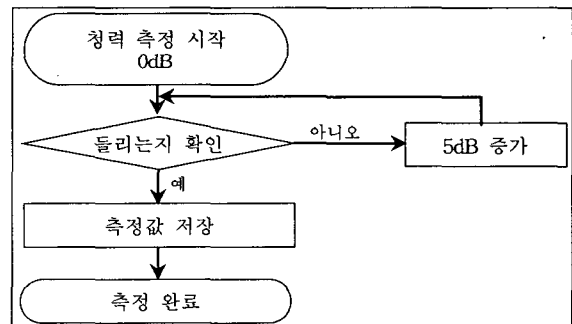


그림 1. 상승법 청력 검사

Fig. 1. A flow chart for ascending hearing test.

2.3. 청력 검사 결과의 판독

검사 결과의 판독은 각 주파수별 역치의 평균 역치인 평균 청력 역치에 의하여 피검자의 청력 소실 정도를 판독한다. 평균 청력 역치를 도출하는 방법으로 식 (1), (2)에서 표현된 '4분법'과 '6분법'이 있으며, 본 시스템에서는 보청기 보정을 위하여 실제로 많이 활용되고 있는 '6분법'을 채택하였다[3].

$$4\text{분법} = \frac{500\text{Hz} + 2(1\text{kHz}) + 2\text{kHz}}{4} \quad (1)$$

$$6\text{분법} = \frac{500\text{Hz} + 2(1\text{kHz}) + 2(2\text{kHz}) + 4\text{kHz}}{6} \quad (2)$$

3. PDA 청력 검사 시스템 구성

3.1 시스템의 기본 구성

PDA에는 기본적으로 운영체제가 내장되어 있는데, PDA 제품마다 사용하는 운영체제가 다르기 때문에 각각의 운영체제에 적합한 프로그램을 개발하여야 한다. 이에 따라 본 연구에서는 Microsoft사의 Windows CE를 기반으로 하는 PocketPC 2003을 기본 운영체제로 사용하는 HP사의 hx4700 모델을 기본 시스템으로 선정하였고, 프로그램 개발을 위한 개발 도구는 eMbedded Visual C++ 4.0과 PocketPC 2003 SDK를 사용하였다. 시스템의 기본 구성은 PDA상에 구현되는 순음 청력 검사 모듈과 데이터베이스, 청력 검사를 위하여 소리를 듣기 위한 헤드폰 출력 장치로 이루어져 있다. 순음 청력 검사 모듈에서는 일정한 주파수와 음압의 정도를 이용하여 순음을 생성하여 출력함과 동시에 마스킹(Masking) 효과의 구현을 위한 백색 잡음(White noise)을 같이 출력하도록 구현되었고, 데이터베이스는 관리자의 신상정보, 환자의 신상 정보 및 측정된 환자의 청력 정보를 저장, 관리하도록 구현되었다. 그림 2는 PDA 청력 검사 시스템의 기본 구성을 보여준다.



그림 2. PDA 청력 검사 시스템의 기본 구성도  
Fig. 2. PDA Based audiometric system structure.

3.2 청력 검사 화면과 청력도 화면

청력 검사 화면은 우선 자동적으로 시스템에서 발생하는 환자의 ID와 이름의 입력을 시작으로 수행한다. 그리고 각

주파수별 음압을 표시하는 GUI (Graphic User Interface)가 배열되어 있고 특별히 음압을 조정하는 2개의 버튼을 제공한다. 'UP' 버튼은 선택된 주파수의 음압을 5dB씩 높이고 'DOWN' 버튼은 5dB씩 낮추는 역할을 한다. 검사의 시작은 주파수 옆의 상자를 태핑하면 바로 검사가 시작된다. 상승법으로 검사하기 때문에 기본적으로 0dB의 음압부터 검사한다. 하나의 주파수 검사가 끝나고 다음 주파수 검사로 넘어갈 경우에는 간단히 다음 주파수 옆의 상자를 태핑하면 즉시 다음 주파수의 검사가 실행된다. 상단의 'Masking'을 체크하면 백색 잡음이 같이 출력되어 'Masking' 상태의 청력을 검사하게 된다.

청력 검사를 끝내고 'Next' 버튼을 누르면 검사 결과를 청력도(Audiogram)를 통하여 볼 수 있다. 청력도 화면에서는 측정 결과의 평균 청력 역치와 각 주파수 별로 측정된 음압을 기호와 선을 사용하여 표시한 그래프를 볼 수 있다. 그림 3의 (a)는 청력 검사 화면, (b)는 청력도 화면을 각각 보여주고, 표 1은 청력도 화면에 표시된 기호의 의미를 설명하고 있다.

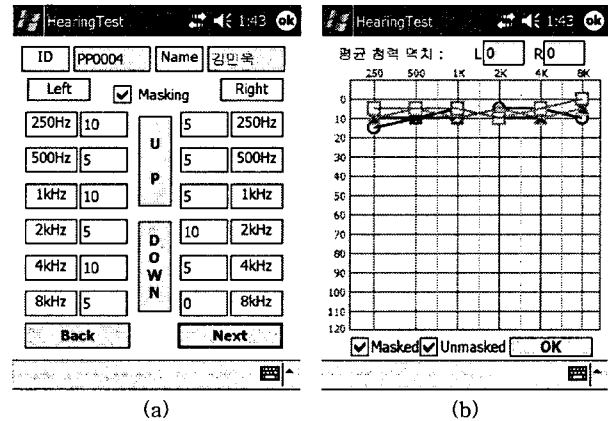


그림 3. 청력 검사 화면과 청력도 화면.  
Fig. 3. GUI for hearing test and results.

- (a) 청력 검사 화면
- (b) 청력도 화면 (마스킹 상태 검사 결과 포함)

표 1. 청력도에 표시된 기호의 의미.

Table 1. Symbols in audiogram.

기 호	의 미
○	마스킹을 수행하지 않은 상태의 왼쪽 청력
×	마스킹을 수행하지 않은 상태의 오른쪽 청력
△	마스킹을 수행한 상태의 왼쪽 청력
□	마스킹을 수행한 상태의 오른쪽 청력

그림 3에서 보여주고 있는 청력 검사 결과는, 정상 청력을 유지하고 있는 26세의 남성을 대상으로 6개의 주파수 대역별로 청력을 측정된 결과를 보여주고 있다.

3.3 데이터베이스의 구성

효율적인 환자 관리를 위하여 데이터베이스를 PDA 내부에 구축하였다. PDA의 데이터베이스는 Microsoft사의 Windows CE에서 제공하는 데이터베이스 API (Application Program Interface)를 사용하여 구축한다. 데이터베이스 API

는 PC의 데이터베이스와 달리 단순한 기능을 제공하며, SQL (Structured Query Language)을 지원하지 않고 구조화된 데이터베이스도 아니다. 그러나 소규모의 자료를 저장하고 관리하는데 매우 편리한 도구이다. 또한 데이터베이스가 저장되는 공간은 Object Store라는 PDA의 자체 저장 공간을 사용한다. 이 저장 공간을 사용하여 데이터베이스를 구축하게 되면 사용자가 데이터베이스 파일을 삭제하는 등의 오류를 범할 가능성이 많이 감소된다.

PC에서 사용되는 일반적인 데이터베이스에서는 하나의 데이터베이스를 생성하여 검사자 신상 정보와 환자의 신상 정보, 환자 청력 정보가 별도의 테이블로 구성되나 PDA 청력 검사 시스템의 데이터베이스에서는 테이블을 사용할 수 없고, SQL 구문을 지원하지 않기 때문에 검사자의 데이터베이스와 환자의 데이터베이스가 별도로 생성되고, 생성된 환자의 데이터베이스에는 환자의 신상 정보와 청력 정보가 모두 담겨 있다.

검사자 데이터베이스는 'ID', 'Password', '이름', '주민등록번호', '검사자 직위', '나이', '전화번호', 'E-mail' 등 8가지의 내용으로 구성되어 있다. '검사자 직위'는 의사 또는 청력검사원이 될 수 있다. 환자 데이터베이스는 'ID', '이름', 주민등록번호, '나이', '성별', '주소', '전화번호', 'E-mail', 'UL\_가청주파수', 'UR\_가청주파수', 'ML\_가청주파수', 'MR\_가청주파수' 등으로 구성되어 있다. 'UL\_가청주파수'는 가청주파수에서 Masking을 수행하지 않은 상태의 왼쪽 청력 역치, 'UR\_가청주파수'는 오른쪽 청력 역치를 나타내고, "ML\_가청주파수"는 가청주파수에서 Masking을 수행한 상태의 왼쪽 청력 역치, 'MR\_가청주파수'는 오른쪽 청력 역치를 나타낸다. 가청주파수의 범위는 250Hz, 500Hz, 1kHz, 2kHz, 4kHz, 8kHz이다. 따라서 환자 데이터베이스의 구성 요소들은 32가지로 구성된다.

마지막으로, 청력 검사 화면에서 측정된 결과는 청력도 화면으로 이동함과 동시에 데이터베이스에 일괄적으로 저장된다.

**4. PDA 기반의 청력 검사 테스트 결과**

본 연구에서 구현된 PDA 청력 검사 시스템으로 실제 청력 검사를 수행하였다. 그림 4는 실제로 청력 검사를 수행한 결과를 보여준다.

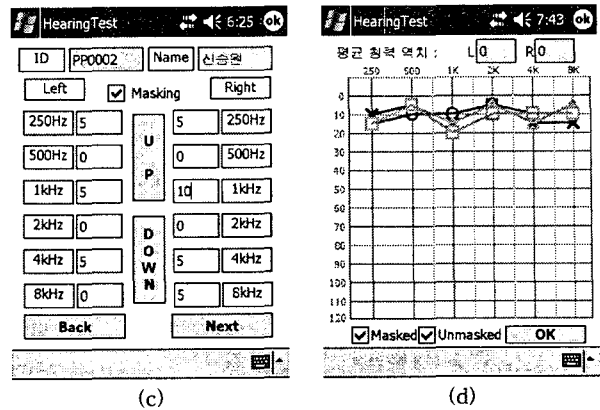
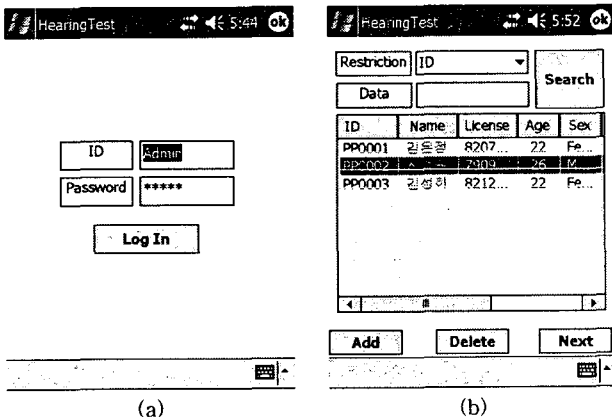


그림 4. PDA 기반의 실제 청력 검사 결과.  
 Fig. 4. An example of hearing test and its resulting audiograms.  
 (a) 검사자 로그인 화면.  
 (b) 환자 데이터베이스 검색 화면.  
 (c) 마스킹을 수행한 상태의 청력 검사 화면.  
 (d) 마스킹 On/Off 상태의 청력도 결과.

**5. 결 론**

본 연구에서는 PDA를 이용하여 간편하게 청력 검사를 수행하고자 PDA 청력 검사 시스템 모듈을 구축하고자 하였고, 이에 따라 획득한 환자의 청력 정보 데이터를 효율적으로 관리하기 위하여 PDA에 적합한 데이터베이스 시스템을 구성하고자 하였다. 따라서 난청 환자의 보청기 보정을 위한 청력 검사 방법으로 간편하게 활용될 수 있을 것으로 사려 된다. 다만, 본 연구에서 제시된 청력 검사 측정 결과와 병원의 특수한 차폐실 환경에서의 청력 검사 측정 결과와의 상관관계 도출이 필요하다고 사려 되는 바, 후후의 연구 실험을 통하여 정상인 및 난청 환자들을 대상으로 한 실제 청력 검사를 통하여 상관관계를 정립하고자 한다.

**감사의 글**

본 연구는 보건복지부 첨단 감각기능 회복장치 연구센터 (과제번호: 02-PJ3-PG6-EV10-0001)의 지원으로 수행되었습니다.

**참 고 문 헌**

[1] N. Nakamura, "Development of mobile audiometric test system using mobile phones", Biomedical Engineering, IEEE EMBS Asian-Pacific Conference on 20-22 Oct. 2003, pp.356-357.  
 [2] H.G. McAllister, N.D. Black, N. Waterman, M. Li, "Audiogram matching using frequency sampling filters", Proceedings of the 16th Annual International Conference of the IEEE 3-6, Nov. 1994, vol.1, pp.249-250.  
 [3] 허승덕, 유영상, "청각학 3판", 동아대학교 출판부, 2004년 4월.  
 [4] 더글러스 볼링, "The Programming Microsoft Windows CE. Net", 정보문화사, 2002년 7월.  
 [5] 한학용, 하성욱, 허강인, "Multimedia Sound Programming", 영진닷컴, 2004년 9월.