

다양한 자극음을 이용한 모바일 이명 진단과 치료 시스템

이영록[†], 박동규^{**}, 김형욱^{***}

A Mobile System for Tinnitus Diagnostics and Therapy using Various Sound Stimuli

YoungRok Lee[†], DongGyu Park^{**}, HyoungWook Kim^{***}

ABSTRACT

A common treatment for tinnitus rehabilitation is to use a device called a sound generator to continuously supplying the sound stimuli. The devices usually provides a sound called white noise, or pink noise, which are common in nature. In this paper, we developed a mobile system for tinnitus diagnostics and therapy using Android mobile applications. The first step for tinnitus diagnostics is detecting an exact tinnitus frequency of the patients, therefore we provide a bark scale tinnitus detection algorithm for fast and accurate diagnostics. Also, the system can provide various stimuli sounds including white noise, pink noise, brown noise, nature sounds, and binaural beats. Also we provides the therapeutic functions through questionnaires to solve existing problems of the patients.

Key words: Tinnitus, Tinnitus Diagnostics, Sound Stimuli, Bark Scale, Binaural Beats, Hearing Loss, Mobile System

1. 서 론

이명이란 음향적인 자극이 없는 상태임에도 불구하고 환자에게는 소리가 들린다고 느껴지는 일종의 환청이다. 이때 환자가 느끼는 환청을 일반적으로 이명음이라고 하는데 이명음의 종류는 매우 다양하며 경우에 따라서는 복합적인 이명음을 호소하는 경우도 많다[1]. 이로 인해 이명환자들은 일상생활을 방해 받고 있으며, 심한 경우 스트레스, 두통, 불면증, 우울증 등을 유발하여 정상적인 생활을 유지하기 힘든 경우도 있다[2]. 또한 이명으로 인해서 발생하는

다양한 증상들이 다시 이명을 악화시키는 악순환이 발생되기도 한다.

이명의 유병률은 국가마다 다소 차이가 있지만 대체로 증가하는 추세이다. 우리나라에서도 이명환자가 증가하고 있는데 2012년에 조사된 국민영양조사의 내용에 따르면 국내 성인의 21.4%가 이명을 가지고 있고 해마다 3%씩 증가하는 것으로 나타났다[3].

본 연구의 목적은 최근 다양하게 시도되고 있는 이명 치료법들을 살펴보고, 모바일 시스템을 활용하여 치료를 위한 자극음을 생성하여 치료를 돕는 것이다. 또한, 본 연구에서는 이명환자와 의료진을 위하

※ Corresponding Author : Dong Gyu Park, Address: (51140) Changwondaehak-ro 20, EuiChang Gu, Changwon City, GyeongNam, S. Korea, TEL : +82-55-213-3834, FAX : +82-55-213-3839, E-mail : dongupak@gmail.com
Receipt date : Aug. 22, 2018, Revision date : Oct. 17, 2018
Approval date : Oct. 22, 2018

[†] Dept. of Information & Communication Engineering, Graduate School, Changwon National University (E-mail : yeong.rok.lee@gmail.com)

^{**} Dept. of Information & Communication Engineering, Graduate School, Changwon National University

^{***} Dept. of Information & Communication Engineering, Graduate School, Changwon National University (E-mail : hwoogi.kim@gmail.com)

여 이명불편감 정도를 설문을 통해 알아보고 이를 클라우드 데이터베이스에 저장하여 이명불편감 이력을 추적하는 등 다양한 기능을 수행하는 모바일 이명관리 시스템을 구현하였다.

2. 관련연구

2.1 귀의 구조

인간은 귀를 통하여 다양한 음향정보를 처리하게 되는데, 귀는 Fig. 1과 같이 외이, 중이, 내이로 구분할 수 있다. 외이는 귓바퀴와 외이도로 구성되어 있으며 소리를 모아주는 역할을 한다. 중이는 고막, 이소골, 이관 등으로 구성되어 있으며 외이의 음향에너지를 기계에너지로 전환하여 내이를 자극한다.

중이를 거쳐 전달된 소리는 달팽이관(cochlea)에서 주파수 분석이 이루어진다. 달팽이관에서 처리되는 주파수는 달팽이관에서의 위치에 따라서 나뉜다. 즉 달팽이관으로 전달된 소리는 주파수별로 세밀하

게 분류되어 각각의 주파수를 처리하는 각 위치의 청각세포로 보내진다. Fig. 2는 달팽이관에서 처리되는 주파수별 위치를 보여주는데 주파수가 낮을수록 달팽이관의 안쪽에서 처리되고, 주파수가 높을수록 바깥쪽에서 처리된다. 또 안쪽으로 갈수록 같은 크기의 영역에서 처리되는 주파수의 대역폭은 좁아지고 바깥쪽으로 갈수록 동일한 길이에서 처리되는 주파수 대역폭이 넓어진다.

이러한 인간의 청각기관의 특성 때문에 인간은 인접한 주파수대역의 변화를 정확하게 구분하기 어렵다. 따라서 현재 이명주파수 탐색 시 일반적으로 사용되는 모든 주파수를 선형적으로 조금씩 변경하면서 탐색하는 기존의 검사방법은 시간이 많이 걸릴 뿐만 아니라 정확한 탐색이 힘들다.

이를 개선하기 위해서 기존과는 다른 척도가 필요한데 인간의 청각 특성이 잘 반영된 척도 중에 바크스케일이 있다. 바크스케일은 1961년 에버하르트 츠비커(Eberhard Zwicker)에 의해 제안되었으며 다수의 피실험자를 대상으로 측정된 결과를 바탕으로 한 음향심리학적 척도이다. 실험에서 피실험자에게 특정주파수의 순음을 들려주면서 주파수를 조금씩 증가시킬 때 피실험자가 소리의 높이변화를 인식한 때의 주파수를 차단주파수라고 한다. 이 차단주파수를 기준으로 밴드가 구분되는데 이것을 수치로 도표화하여 나타낸 것이 바크스케일이다. 식(1)은 주파수를 밴드로 환산하는 공식이며 식에서 f 는 환산하려는 주파수이다.

$$band = 13 \arctan(0.76f/1000) + 3.5 \arctan(f/7500)^2 \quad (1)$$

Fig. 3은 바크스케일에서의 밴드와 주파수의 관계가 로그스케일의 특성을 가진다는 것을 보여준다. 그래프의 가로축은 바크스케일의 밴드이며, 세로축은 로그스케일로 표시된 주파수값이다. 바크스케일에서 인간의 가청 주파수대역은 총 24개 대역으로 구분된다. 각 밴드에 속하는 주파수는 차단주파수 이상의 주파수 자극이 있을 때 소리의 높이 변화를 인식할 수 있다.

2.2 이명과 이명의 치료

이명은 심각한 외상성 질병은 아니지만 이명이 발생했을 때 환자가 느끼는 불안감, 우울감, 스트레스 등이 다시 이명을 악화시키는 악순환이 발생할 수

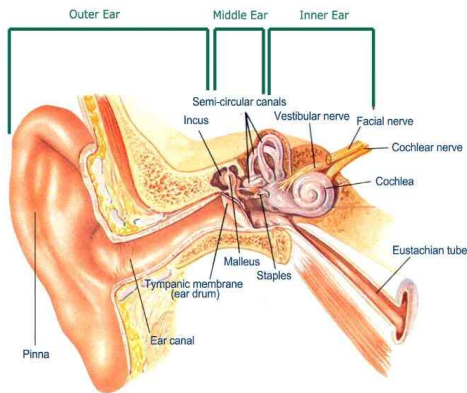


Fig. 1. Ear anatomy[1-2].

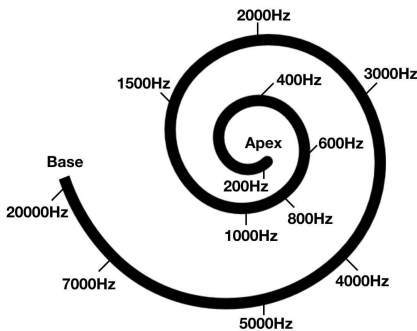


Fig. 2. Frequency-specific processing locations within the cochlear.

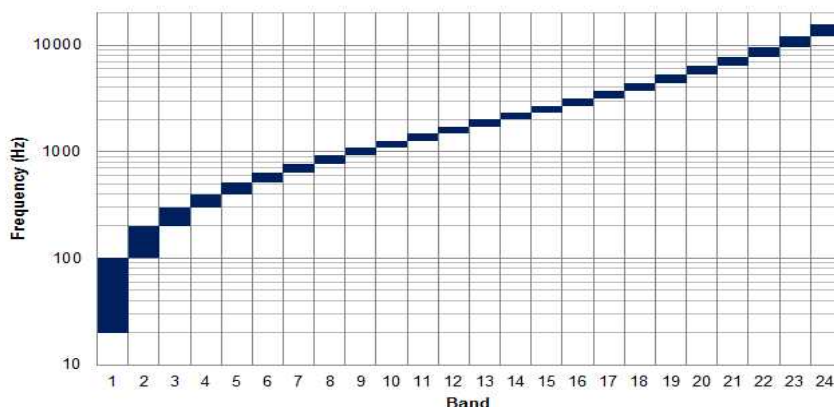


Fig. 3. Frequency and band relationship diagram of the bark scale.

있으며, 이로 인하여 심할 경우 자살 충동 등 극단적인 정신장애가 오기도 한다. 따라서 이명을 자각했을 때 적극적인 치료가 필요하다. 다양한 이명의 발생 원인에 맞는 여러 가지 치료법이 시도되고 있는데 최근에 많이 사용되고 있는 치료법은 다음과 같다.

2.2.1 청력보정

난청이 동반된 이명환자의 경우 보청기 착용과 같은 청력보정을 하면 난청이 개선되어 이명증이 경감될 수 있다. 2005년 경희대학병원 이비인후과에서 이명을 동반한 환자들을 대상으로 연구한 결과 85% 정도의 환자가 청력보정으로 인해 이명개선에 도움을 받았다는 연구 결과가 있다[4].

2.2.2 정신과적 치료

이명이 발생할 경우 우울증, 불면증, 불안장애와 같은 정신적 질환이 동반되는 경우가 많다[3]. 또한, 우울증이나 불면증, 스트레스 같은 정신적 질환이 이명을 유발하고 악화시키며, 이명에 대한 지나친 걱정과 집착 등도 이명에 나쁜 영향을 미친다고 한다. 실제로 이명환자에게서 신체적 불안증상이나 강박적 성향이 더 많이 동반된다는 보고도 있다. 따라서 이명환자에게서 정확한 이명의 기전을 이해시키는 등의 정신적 질환에 대한 적절한 치료가 병행되어야 이명 치료의 성공률을 높일 수 있다[2].

2.2.3 이명 재훈련

이명 재훈련치료는 현재 사용되고 있는 이명치료를 위한 방법 중에서 가장 널리 사용되는 방법이다.

이명 재훈련 치료의 목적은 이명의 습관화를 통해 이명에 대한 불안감, 괴로움, 불면증, 우울증 등의 감정적 증상을 인지하지 못하게 하는 것이다[2]. 습관화는 동일한 자극이 반복될 때 신체의 반응이 감소되는 현상을 말하는데, 이명음에 대해 습관화가 이루어지면 환자의 뇌는 이명음에 대해 덜 민감하게 반응하게 된다. 이와 같이 뇌가 이명음을 인식하지 못하게 하는 이명 재훈련치료를 통해 이명음에 대한 습관화가 이루어진다면 이명으로 인한 불편감을 완화시킬 수 있다[5].

2.3 이명 주파수 탐색과 이명 치료음

위의 치료법 중에서 본 연구에서는 정신과적 치료에 사용될 수 있는 이명 불편감 검사와 이명 재훈련에 사용될 수 있는 다양한 치료음을 모바일 시스템을 통하여 생성하는 것을 목적으로 한다. 이를 위해서는 환자의 청력검사와 정확한 이명주파수를 찾는 것이 우선적으로 필요하다. 이명주파수는 환자가 느끼는 이명음의 주파수를 의미하며 대부분의 이명환자에게서 나타나는 이명 주파수는 청력손상이 가장 심한 주파수와 일치한다[6,7].

화이트 노이즈는 일정한 청각 패턴없이 모든 음역대역에서 고르게 발생하는 음으로 장시간 반복적으로 듣고 있으면 청각적인 자극을 잘 느끼지 못하므로 이명의 습관화를 유도하는 역할을 한다[4]. 화이트 노이즈를 변형한 치료음 중에 핑크 노이즈와 브라운 노이즈가 있다. 화이트 노이즈에 비해 고주파영역을 약화시켜서 이명환자가 상대적으로 편하게 들을 수

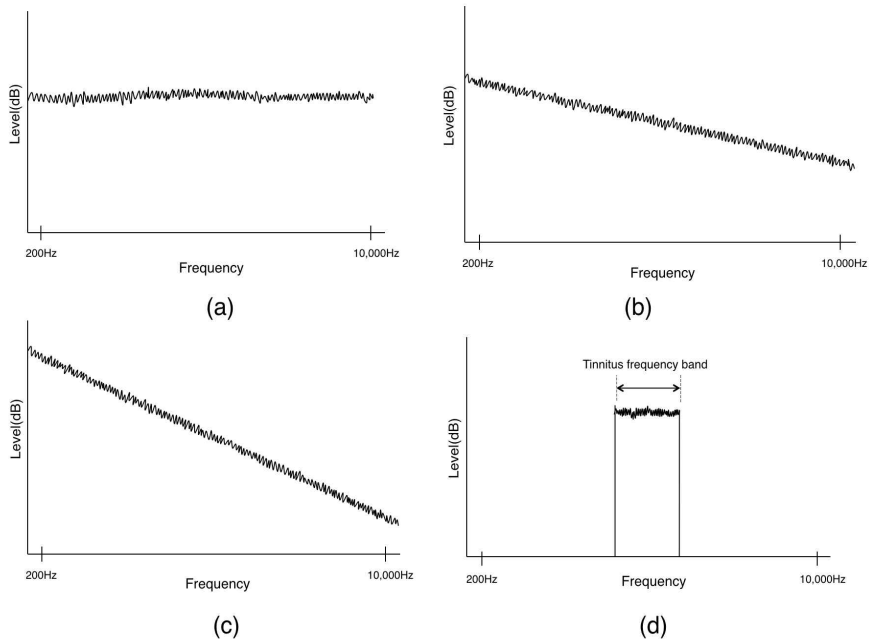


Fig. 4. Various noise used on this paper (a) White noise (b) Pink noise (c) Brown noise (d) Narrow band noise.

있게 변형한 치료음이다. 화이트 노이즈는 전대역의 주파수를 가지고 있어서 환자의 이명주파수와 관계없이 사용할 수 있는 장점이 있지만 이명과 관계없는 주파수대역까지 영향을 미쳐 불쾌감과 두통을 유발할 수 있다.

협대역 잡음은 화이트 노이즈에서 이명주파수 대역을 제외한 나머지 대역을 제거해서 만든 소리이다. 이명환자의 이명주파수 대역만 습관화 할 수 있어서 이명과 관계없는 주파수대역이 청력을 보호할 수 있고 상대적으로 편하게 습관화할 수 있는 장점이 있다.

Fig. 4는 위에서 언급한 각각의 치료음들의 주파수 스펙트럼이다. 가로축은 주파수이고 세로축은 음압을 나타낸다. (a)는 화이트 노이즈의 스펙트럼으로 전 주파수 대역에서 고른 음압레벨을 보인다. (b)와 (c)는 각각 핑크 노이즈와 브라운 노이즈로 화이트 노이즈에 비해서 고주파 영역의 음압레벨이 낮은 것을 알 수 있다. (d)는 협대역 잡음의 주파수 스펙트럼이며 특정 주파수 대역외의 소리는 제거된 것을 확인할 수 있다.

바이노럴 비츠는 알파파를 유도하기 위해 사용된 방법이다. 알파파는 인간이 아주 편안함을 느낄 때 발생하는 뇌파로 명상상태 같은 심신이 아주 편안한 상태에서 자주 관찰된다. 알파파를 발생시키는 소리

를 지속적으로 듣게 되면 스트레스가 줄어들고 편안한 상태가 되어 이명환자에게도 이명증을 줄여주는 효과가 있다[4]. 하지만 인간의 청각기관은 알파파에 해당하는 20Hz 이하의 소리는 들을 수 없고 일반적인 음향기기 역시 그 이하의 주파수는 처리할 수 없다. 이런 문제를 해결하기 위해서 바이노럴 비츠를 사용하였다. 바이노럴 비츠는 주파수가 거의 비슷한 두 가지 음을 헤드폰이나 스피커를 통해 양쪽 귀로 들을 때 뇌가 두 개의 신호를 통합하여 제3의 소리의 감각을 만들어내는 것을 말한다.

Fig. 5는 바이노럴 비츠의 기본원리를 보여주는데 예를 들어 좌측에 100Hz의 주파수를 가진 순음과 우측에 110Hz의 주파수를 가진 순음을 동시에 들려줄

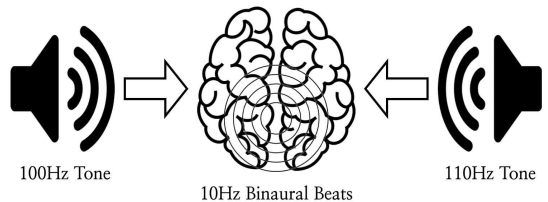


Fig. 5. Two different frequency sounds and binaural beats. The summation of 100 Hz and 110 Hz pure tone sounds make a 10Hz sounds, which called a binaural beats.

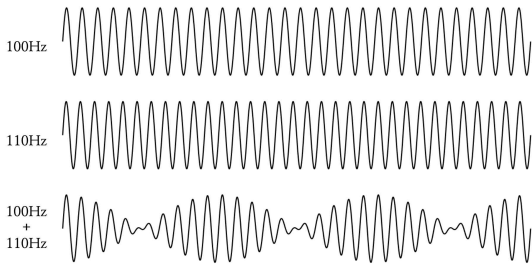


Fig. 6. Sum of 100Hz frequency and 110Hz frequency, the sum of two frequency makes 10Hz frequency signal.

때 두 개의 음파는 Fig. 6과 같이 서로 다른 위상을 갖고 있는 두 주파수의 음파 그 차이인 10Hz의 주파수를 가진 음이 동시에 들리게 되어 실제로는 세 개의 음을 듣는 것과 같은 청각적 자극이 생성된다. 이런 원리를 이용해 알파파에 해당하는 주파수의 차이로 바이노럴 비츠를 만들어 들려주면 알파파가 유도되고 긴장상태에서 관찰되는 베타파를 줄여주어 심신이 편안한 상태가 된다. 이런 효과를 이용해서 바이노럴 비츠를 이명환자에게 지속적으로 들려주었을 때 긴장감과 스트레스를 줄여주어 이명을 완화시키는 효과가 있을 것으로 기대된다[8].

본 연구에서는 바이노럴 비츠를 생성할 때 이명환자의 이명주파수를 중심으로 생성한다. 이를 통해서 바이노럴 비츠의 효과와 함께 이명재훈련의 이명습관화 효과를 동시에 기대할 수 있어 이명환자 개개인에 최적화된 치료음을 제공할 수 있다.

2.5 이명장애지수

이명에 대한 치료 방법 중에서 정신과적인 치료 역시 매우 중요하다. 환자는 의사로부터 이명의 기전에 대한 충분한 설명을 듣고 적극적인 치료에 참여할 때 치료효과가 향상된다. 이를 위해서 환자와 의사는 이명치료의 전과 후에 이명환자가 느끼는 생활의 불편정도를 주기적으로 파악할 필요가 있다.

환자의 이명 불편감과 통증의 강도 등은 주관적인 항목이므로 설문에 의존할 수밖에 없다. 본 시스템에서는 설문 중에서 이명환자에게 많이 이용되는 표준화된 설문 방식중의 하나인 이명불편감 척도(Tinnitus Handicap Inventory:THI)와 시각상사 척도(Visual Analog Scale:VAS)를 사용하였다.

1996년 Newman에 의해 개발된 이명불편감 척도

는 이명이 삶의 질에 기능적인 부분과 정신사회적 부분에 걸쳐 환자의 일상생활에 영향을 미치는 정도를 평가하도록 구성되었다. 이명불편감 척도는 이명의 치료결과에 대한 평가와 이명에 대한 연구에서 이명의 심한 정도를 평가할 때 유용하게 사용된다. 이명불편감 척도는 가장 널리 사용되고 있는 척도중의 하나이고 후속연구에 의해서 그 타당성이 입증되었다. 이명불편감 척도는 다른 설문에 비해서 실시 및 채점이 간편하며 이명으로 인한 불편감을 치료 전과 후로 구분해서 측정함으로써 치료 효과를 간편하게 평가할 수 있다는 장점을 지니고 있다. 이명불편감 척도의 장점은 이명이 생활에 어떤 영향을 미치는지 다양하게 평가하는 동시에 설문에 응하는 피검사자 스스로가 이명으로 인해 겪을 수 있는 어려움을 확인하는데 있다[9].

이명불편감 척도의 설문은 총 25문항으로 구성되어 있으며 기능 하위척도(Functional subscale) 11문항, 정서 하위척도(Emotional subscale) 9문항, 심각성 하위척도(Catastrophic subscale) 5문항으로 분류된다. 설문 각각의 항목은 0점인 ‘아니다’, 2점인 ‘가끔 그렇다’, 4점인 ‘그렇다’로 점수를 부여하고 이를 합산하여 총점을 구한다[9].

시각상사 척도는 주로 전반적인 통증의 강도와 빈도를 평가하는 용도로 사용할 수 있다. 시각상사 척도는 설문지에 그려진 직선위에 환자 자신이 느끼는 통증의 정도를 표시하는 방식으로 사용한다. 이때 환자가 혼동하지 않게 확실한 어휘를 사용하는 것이 바람직하다. 왼쪽 끝에는 ‘고통 없음’을, 오른쪽 끝에는 ‘최악의 고통’과 같은 어휘를 많이 사용한다. 시각상사 척도는 이명불편감 척도에 비해 문항수가 적고 내용이 쉽고 직관적이어서 고령의 환자 및 어린이에게도 사용할 수 있다. 따라서 실험자의 간섭을 최소화할 수 있고 사용과 채점이 간편하고 빠르다는 장점이 있다[10]. 본 연구에서는 의료진과 환자의 요구나 필요에 따라서 시각상사 척도와 이명불편감 척도를 선택적으로 사용하거나 모두 함께 사용할 수 있도록 구현하였다.

3. 시스템 설계 및 구현

3.1 시스템 구성도

Fig. 7은 본 연구에서 개발한 모바일 이명진단시

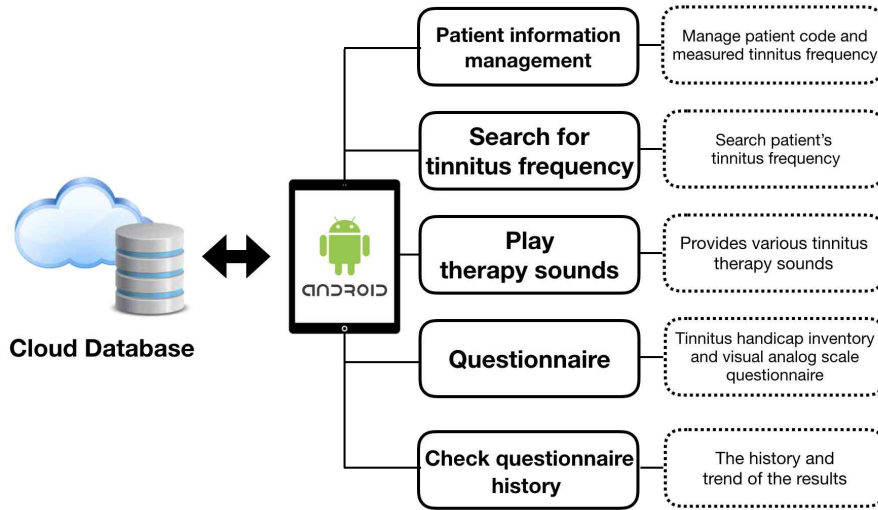


Fig. 7. Tinnitus diagnostics and therapy system diagram.

시스템의 구성도이다. 본 시스템은 환자코드와 측정된 이명주파수 관리를 위한 환자정보관리, 이명주파수 찾기, 탐색된 이명주파수를 기준으로 치료음을 재생하는 치료음 재생, 치료전후 조사하는 이명불편감 척도와 시각상사 척도 설문과 설문결과를 시각적으로 확인할 수 있는 이력 확인 등의 메뉴로 구성되어있다.

3.2 이명주파수 검색 알고리즘

환자의 이명주파수를 찾기 위해서는 100에서 1,000 Hz 간격의 이명음을 들려주고 선형적으로 검색하는 방법이 있는데 이 경우 $O(N)$ 의 검색시간이 소요된다. 또한 비슷한 밴드의 이명음을 환자들은 잘 구별하지 못하기 때문에 더 많은 시간이 소요될 수 있다.

본 연구에서는 보간 알고리즘을 사용하여 검색시간을 $O(\log N)$ 시간으로 단축하였다. 보간기법을 사용한 이 방법은 검색시간의 단축과 함께 밴드간의 간격이 크기 때문에 환자들이 더욱더 쉽게 이명음을 구별할 수 있는 효과가 있다.

이를 위해 Fig. 8과 같이 알고리즘을 구성하였다. 1단계에서는 바크스케일의 전체 24밴드를 밴드 1~6, 밴드 7~12, 밴드 13~18, 밴드 19~24로 4개의 그룹으로 묶어서 각 그룹의 중심 주파수를 들려준다. 이후 이명환자가 자신의 이명주파수와 가장 비슷한 소리를 선택하게 한다. 2단계에서는 1단계에서 선택된 그룹 내의 6개 밴드를 다시 2개 밴드씩 3개의 그룹으로 나눈다. 각 그룹의 중심주파수를 들려줘서 자신

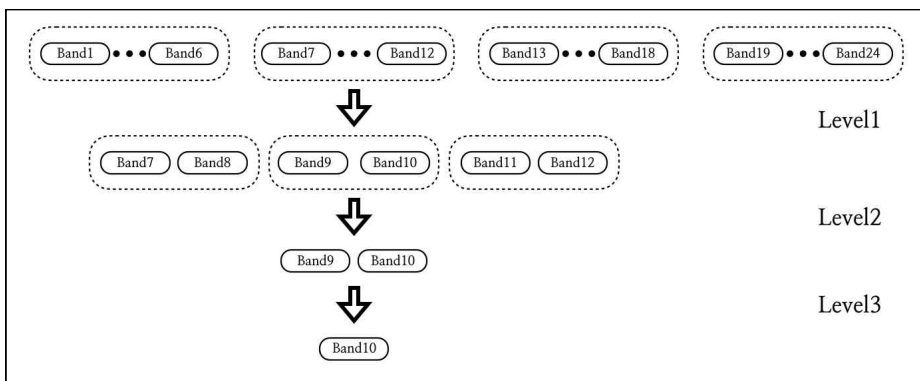


Fig. 8. Tinnitus frequency searching algorithm.

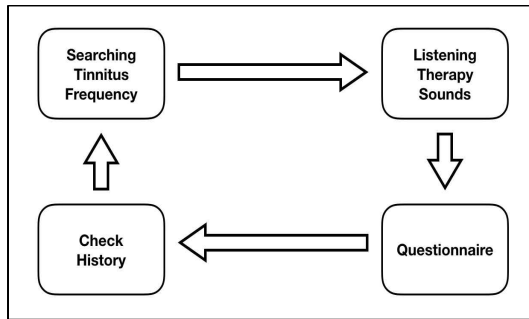


Fig. 9. System flow after hearing compensation,

의 이명음과 가장 비슷한 소리를 선택하게 한다. 3단계에서는 선택된 그룹 내의 두 개의 밴드를 하나씩 들려줘서 최종적으로 자신의 이명음과 가장 비슷한 소리를 선택하게 한다. 이상의 알고리즘을 통해서 3번의 선택만으로 이명주파수 탐색이 가능하도록 구현하였다.

3.3 시스템 메뉴

본 시스템의 전체적인 사용 순서는 Fig. 9와 같이 이명주파수 찾기->치료음 듣기->설문조사->이력 확인을 반복하게 된다. 이런 과정을 통해서 환자가 스스로 이명 재훈련을 하고 치료효과를 환자가 직접 확인할 수 있게 구성하였다.

Fig. 10은 본 시스템의 각 메뉴에 대한 스크린샷 모음이다. Fig. 10의 (a)는 본 시스템의 메인 메뉴화면으로 모두 다섯 개의 메뉴로 구성되어 있다. Fig. 10의 (b)는 바크스케일을 이용한 이명주파수 찾기 화면이다. 이명주파수는 이명환자에 따라 다르며 항상 일정하지가 않다. 따라서 정확한 치료를 위해서는 이명주파수를 쉽게 자주 찾도록 유도하는 것이 효과적이다. 훌륭한 검사라도 사용하기 불편하고 많은 시간이 걸리면 환자에게 외면받기 쉽다. 이런 상황을 방지하기 위해서 이명주파수 찾기는 짧은 시간에 편리하게 찾을 수 있게 구성하였다. 이명환자가 느끼는 이명음은 매우 다양한 형태를 보인다. 일반적으로 많이 느끼는 이명음의 형태는 순음과 잡음이다. 본 시스템은 순음과 잡음을 선택적으로 사용해서 이명주파수 탐색을 할 수 있게 구성하였다. 순음과 잡음을 순차적으로 들으면서 자신이 느끼는 이명이 순음과 잡음 중에서 어느 쪽과 가까운지 고르게 한다. 이명음의 종류를 선택한 후 이명주파수를 찾게 된다. 이

명주파수 검색 알고리즘을 통해서 3번의 선택만으로 이명주파수 탐색이 가능해서 자주 검사할 수 있으며 빈번하게 변화하는 이명주파수에 즉각적으로 대응할 수 있게 하였다.

Fig. 10의 (c)는 치료음 재생화면이다. 치료음은 일반적으로 많이 사용되는 화이트 노이즈와 함께 협대역 잡음, 핑크 노이즈, 브라운 노이즈 등을 선택할 수 있으며 바이노럴 비즈 사운드도 제공한다. 이명증의 강도나 생활환경에 따라서 치료시간을 10분 단위로 설정할 수 있고 기존의 15단계로 되어있는 음량크기를 세분화하여 100단계로 설정할 수 있게 구현하여 환자의 청력상태에 적합한 정확한 음량을 설정할 수 있도록 하였다.

본 연구에서 추가 치료음으로 제한한 바이노럴 비즈는 사람의 귀로는 들을 수 없는 알파파를 유도하는 방법이다. 본 시스템에서는 환자의 이명주파수를 탐색하여 탐색된 주파수를 중심으로 바이노럴 비즈를 생성하는 방법을 사용하였다. 이명주파수의 대역으로 순음을 만들어서 왼쪽 혹은 오른쪽에 들려주고 이명주파수에서 10Hz 만큼을 더해서 순음을 만든 후에 나머지 한쪽에 들려주는 방법을 사용하였다. 이와 같은 방법으로 바이노럴 비즈를 재생할 경우 이명주파수 대역에 대한 이명습관화 효과를 얻을 수 있으며, 동시에 알파파를 유도하는 효과를 달성할 수 있다.

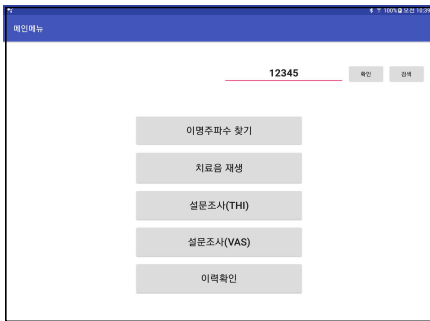
Fig. 10의 (d)와 (e)는 본 시스템에 적용된 설문조사이다. 설문조사는 치료 전과 후에 이명 때문에 생활 중에 느끼는 불편감정도와 고통을 설문을 통해서 수치화하는 기능이다. 설문은 임상적으로 신뢰도가 입증된 이명불편감 척도 설문과 시각상사 척도 설문을 사용하였다. Fig. 10의 (d)는 이명불편감 척도 설문조사 화면이다. 본 시스템에서 이명불편감 척도 설문기능을 구현하기 위해서 안드로이드 프레임웍에서 제공하는 리스트뷰를 이용하였다. 본 시스템에서 사용하는 이명불편감 척도 설문은 문제를 제시하고 각각의 문제마다 “그렇다”, “가끔 그렇다”, “아니다”의 세가지 항목 중 하나를 선택할 수 있게 라디오그룹과 각각의 라디오버튼으로 구성하였다. 또한 설문이 완료되면 전체점수와 하위척도별 점수가 따로 계산이 되어 구글의 클라우드 데이터베이스인 파이어베이스에 저장된다.

Fig. 10의 (e)는 시각상사 척도 설문조사 화면이다. 시각상사 척도는 각 문항마다 하나의 화면으로

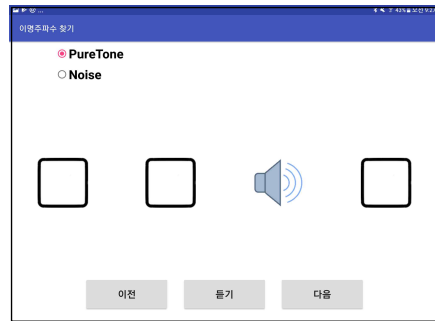
구성되며 각 문항마다 0~10까지 선택할 수 있게 라디오그룹과 각각의 라디오버튼으로 구성하였다. 마지막 문항에 대한 선택이 끝나면 각각 하위분류별로 구글 파이어베이스에 저장된다.

Fig. 10의 (f)는 이력조회 화면이다. 이력조회는 설문결과를 시간의 경과와 함께 그래프로 확인할 수 있는 메뉴이다. 환자가 느끼는 불편감의 변화를 그래프로 확인함으로써 치료의 방향이 올바른지를 판단할 수 있게 하여 향후의 치료방향을 결정할 수 있도록 하고 환자에게는 심리적 안정을 주는데 목적이

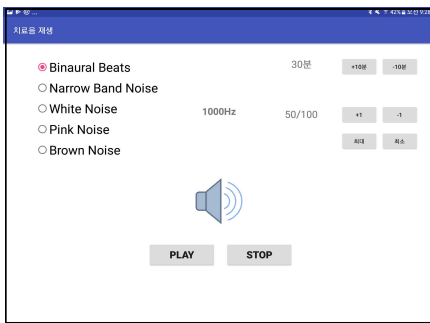
있다. 이명불편감 척도 이력확인은 이력의 내용을 시각적으로 표시하여 이명환자가 실생활에서 느끼는 불편감 정도의 변화를 그래프로 쉽게 확인할 수 있게 구현하였다. 이명불편감 척도 설문조사를 통해서 획득한 설문결과를 기능, 감성, 공황장애의 각각의 분류와 총점을 별도의 차트를 통해서 확인할 수 있게 구성되었다. 세로축이 불편감을 느끼는 정도이고 가로축은 설문을 시행한 날짜이다. 치료의 진행에 따른 이명불편감 정도를 확인할 수 있다.



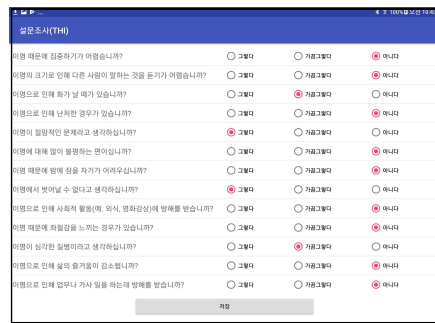
(a) Main Menu



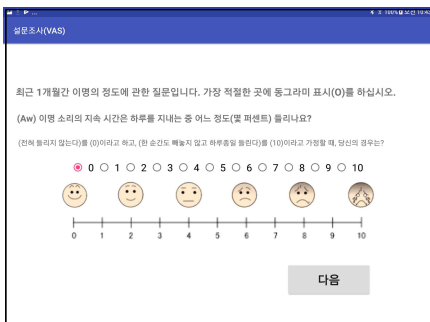
(b) Tinnitus frequency searching steps



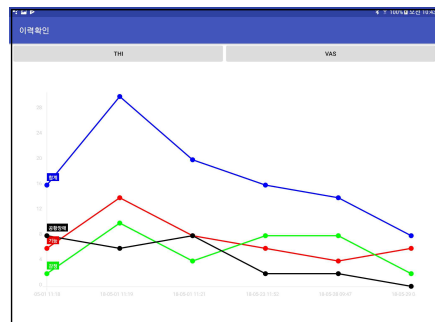
(c) Playing tinnitus therapy sounds



(d) Tinnitus handicap inventory survey



(e) Visual analog scale survey



(f) Tinnitus handicap inventory history tracking

Fig. 10. Screen shots of the tinnitus diagnostic, therapy and patient management system.

Table 1. Comparison of existing treatment methods and proposed systems

Item	Conventional method	Proposed system
Searching tinnitus frequency	Can be inspected in special hospitals	Inspection is available anywhere within one minute.
Available treatment sounds	Usually only uses white noise	White noise, pink noise, brown noise and binaural beats generated based on the tinnitus frequency
Satisfaction research	Checkable through consultation with doctor	Can use the mobile app to check the survey
Check treatment effect	Checkable through consultation with doctor	Conveniently check in mobile system

4. 결론 및 향후연구

본 논문은 사회적 고령화와 개인화된 음향장비의 범람으로 인해 급격히 증가하고 있는 이명환자의 이명 주파수 검색과 치료 자극음 제공을 위한 모바일 시스템에 관한 내용이다. 일상생활에서 큰 불편과 고통을 주는 이명은 여러 가지 한계 때문에 적극적인 치료가 힘들었다. 그 중의 하나는 이명 주파수를 빠르게 찾아서 그에 맞는 적절한 치료자극음을 생성하는 것이 매우 어려웠기 때문이다. 본 연구에서는 모바일 시스템을 이용하여 이명주파수를 쉽고 빠르게 찾을 수 있게 하고 이명주파수를 바탕으로 한 다양한 이명 치료음을 제공하였다. 또한, 이명환자의 지속적인 관리를 위하여 이명 불편감과 이력관리를 손쉽게 할 수 있도록 하는 관리 시스템을 개발하여 만족도 설문조사 및 설문조사의 결과 확인까지 환자 본인이 직접 확인 가능하도록 개발하였다. Table 1에서 현재 이비인후과에서 일반적으로 사용되는 이명진단 방법과 제안된 시스템을 비교하였다.

본 시스템을 이명환자를 대상으로 전문의의 치료와 병행해서 사용한다면 이명증 감소와 생활 불편감 감소에 유용하게 사용될 수 있을 것으로 기대된다.

현재 개발된 시스템에서는 화이트 노이즈, 핑크 노이즈, 바이노럴비츠 등의 이명치료를 위한 치료자극음을 제공하고 있는데 향후에는 다양한 원인과 증상을 가지는 이명환자들의 효과적인 치료를 위해서 개인에 최적화된 다양한 이명치료음의 제공이 필요할 것이다. 또한 이명환자의 증상에 따른 가장 적합한 치료자극음을 찾는 추천 기법과 임상적인 데이터의 축적도 필요할 것이다.

REFERENCE

[1] D.J. Jung and K.Y. Lee, "Mechanism of Tinnitus Generation," *Korean Journal of Otorhinolaryngology-Head and Neck Surgery*, Vol. 6, No. 57, pp. 357-363, 2014.

[2] S.H. Jeong, S.H. Kang, Z.N. Lee, B.J. Kang, and H.D. Rim, "Review of Psychiatric Approaches to Tinnitus," *Journal of the Korean Society of Biological Therapies in Psychiatry*, Vol. 3, No. 12, pp. 250-258, 1997.

[3] D. Kim, J. Shin, K. Lee, and I.K. Jin, "Rehabilitation Options for Subjective Tinnitus," *Audiology and Speech Research*, Vol. 13, No. 1, pp. 1-8, 2017.

[4] K.D. Lee, J.W. Lee, B.S. Song, S.H. Lee, J.H. Cho, and M.N. Kim, "Design and Implementation of a Controllable White Noise Generator for Tinnitus Therapy," *Journal of Sensor Science and Technology*, Vol. 13, No. 1, pp. 12-19, 2004.

[5] G.D. Searchfield, M. Durai, and T. Linford, "A State-of-the-Art Review: Personalization of Tinnitus Sound Therapy," *Frontiers in Psychology*, Vol. 8, Article 1599, 2017.

[6] S.H. Kang, J.H. Lee, M.N. Kim, K.W. Seong, and J.H. Cho, "IoT based Pure Tone Audiometer with Software Platform Compatibility," *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 21, No. 2, pp. 261-270, 2018.

[7] H.W. Kim, Y.R. Lee, D.G. Park, and C.Y. Han,

“A Hearing Compensation System Based on Hearing Test and Fitting Profile,” *Journal of Korea Multimedia Society*, Vol. 21, No. 9, pp. 1110-1118, 2018.

- [8] D.J. Ben, A. Naftali, and A. Katz, “Tintrain: A Multifactorial Treatment for Tinnitus Using Binaural Beats,” *The Hearing Journal*, Vol. 63, No. 11, pp. 25-28, 2010.
- [9] J.H. Kim, S.Y. Lee, C.H. Kim, S.L. Lim, J. Shin, W.H. Chung, et al., “Reliability and Validity of a Korean Adaptation of the Tinnitus Handicap Inventory,” *Korean Journal of Otorhinolaryngology*, Vol. 45, No. 4, pp. 328- 334, 2002.
- [10] S.Y. Shim, H.J. Park, J.M. Lee, and H.S. Lee, “An Overview of Pain Measurements,” *Korean Journal of Acupuncture*, Vol. 24, No. 2, pp. 77- 97, 2007.



이 영 욱

2015년 2월 방송통신대학교 컴퓨터과학과(이학사)
2018년 8월 국립창원대학교 정보통신공학과(공학석사)
2018년 9월~현재 창원대학교 친환경해양플랜트FEED공학(박사과정)

관심분야 : 모바일 시스템, 바이오 헬스케어, 딥러닝



박 동 규

1993년 부산대학교 전자계산학과(이학사)
1996년 부산대학교 전자계산학과(이학석사)
1999년 부산대학교 전자계산학과(이학박사)

2000년~2002년 영산대학교 멀티미디어 공학과 전임강사
2002년~현재 창원대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 모바일 시스템 및 서비스, 바이오 헬스케어, 컴퓨터 그래픽스



김 형 욱

2017년 2월 창원대학교 수학과(이학사)
2017년~현재 창원대학교 대학원 정보통신공학과(석사과정)

관심분야 : 모바일 시스템, 딥러닝