

## 완전 이식형 인공중이용 적합 소프트웨어의 구현

### Implementation of Fitting Software for Fully Implantable Middle Ear Hearing Device

이장우\*, 정의성, 임형규, 이정현, 성기웅, 김명남, 조진호

J. W. Lee, E. S. Jung, H. K. Lim, J. H. Lee, K. W. Seong, M. N. Kim, J. H. Cho

#### 요 약

일반적으로 완전 이식형 인공중이는 이식형 마이크로폰과 진동 트랜스듀서를 포함한 모든 구성 요소가 측두골 부근 피부 아래에 이식되는 보청기이다. 마이크로폰과 트랜스듀서의 경우 이식 전과 후의 동작 주파수 특성 등이 달라진다. 이러한 특성변화와 이식 대상자의 청력특성에 알맞은 보청기 동작을 수행하기 위해 적합과정을 수행하게 된다. 일반 공기전도형 보청기나 부분 이식형 보청기의 경우 적합을 위한 전선 연결부가 존재하나 완전이식형의 경우에는 몸속에 모두 이식됨으로 이러한 전선의 연결이 어려우며 이에 따라 기존 보청기의 적합 프로그램을 적용하는 하드웨어를 이용한 적합이 어렵다.

본 논문에서는 완전 이식형 인공중이를 위한 무선 적합 하드웨어에 적용 가능한 적합 소프트웨어를 설계 및 구현하였다. 구현한 적합 소프트웨어는 마이크로폰과 트랜스듀서의 특성과 난청자의 청력도를 반영하여 적절한 청력 보상치를 산출할 수 있다.

#### ABSTRACT

Generally, fully implantable middle ear hearing device (F-IMEHD) is implanted under the skin nearby human temporal bone with all components including implantable microphone and vibration transducer. The microphone and transducer have different characteristic before and after implant. Fitting process is performed for this characteristic change of them and proper performance of hearing aids for each patient. Conventional hearing aids and partially implantable hearing aids, they have wired connector for fitting process. However in case of F-IMEHD, it is difficult this wired connection, because all components of F-IMEHD is implanted.

In this paper, fitting software that can be apply wireless fitting hardware for F-IMEHD has been designed and implemented. It can find out proper fitting parameter reflecting characteristics of the microphone and transducer for patients who has difficulty in hearing.

**Keyword :** Fitting system, Fully implantable middle ear hearing device

접 수 일 : 2009. 11. 28

심사완료일 : 2009. 12. 24

\* 이장우 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정  
fightclub@acrhs.knu.ac.kr(주저자)

정의성 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정  
iday07@nate.com (공동저자)

임형규 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정  
baksan@ee.knu.ac.kr (공동저자)

이정현 : 경북대학교 의공학과 교수  
pung@ee.knu.ac.kr (공동저자)

성기웅 : 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 박사과정  
happywoong@hotmail.com (공동저자)

김명남 : 경북대학교 의공학과 교수  
kimmn@knu.ac.kr (공동저자)

조진호 : 경북대학교 의공학과 교수  
jhcho@ee.knu.ac.kr (교신저자)

※ 본 연구는 지식경제부 바이오의료기기전략기술개발 사업의 지원 (과제번호:10031779)과 두뇌한국21 (BK21)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

## 1. 서론

과거로부터 현재에 이르기까지 난청극복을 위한 노력은 공기전도형, 골전도형, 이식형 보청기 등의 개발로 이어져 오고 있다[1].

그 중, 본 연구진이 개발하고 있는 완전 이식형 인공중이 (Fully implantable middle ear hearing device, F-IMEHD) 시스템은 외부의 소리를 체내에 이식된 마이크로폰을 통해 포집하고 이를 신호 처리하여 증폭 및 변형한 후 이소골에 이식되는 진동체를 사용하여 진동의 형태로 소리를 전달해 주어 난청자가 소리를 들을 수 있도록 해주는 청각 보조 구이다[2]. 완전 이식형 인공중이는 이식형 마이크로폰, 신호처리 모듈, 진동체의 세부분으로 구성되며, 모든 구성 요소가 측두골 부근 피하에 완전히 이식되므로, 보청기의 충전 및 조절을 위해 무선 전송기술이 사용된다.

일반적으로 이식형 보청기는 이식 후 약 6주간 이식부의 안정기를 거친 후 사용자의 청력 특성에 알맞게 적합을 수행한다. 적합은 사용자의 청력 주파수별 난청정도에 따른 보상량을 결정해 주는 과정으로 이를 통해 보청기 사용자는 자연음과 같은 소리를 들을 수 있게 된다[3]. 공기전도형 보청기와 부분이식형 보청기의 경우 적합 전용 장치 또는 컴퓨터를 이용하여 사용자의 난청정도를 입력하고 이를 바탕으로 보청기 내부의 각종 변수를 조절한다. 컴퓨터 혹은 적합 전용 장치에서 결정된 변수 값은 Hi-pro와 같은 보청기 적합용 장치를 이용하여 보청기에 입력한다. 보청기 적합 장치와 보청기는 일반적으로 전선으로 연결하는데 완전이식형 인공중이의 경우 전 보청기가 몸속에 이식됨으로 외부로 돌출된 연결 단자가 없어 전선으로 연결하여 적합을 수행 할 수 없다. 완전 이식형 인공중이의 이식 모식도는 그림 1과 같다.

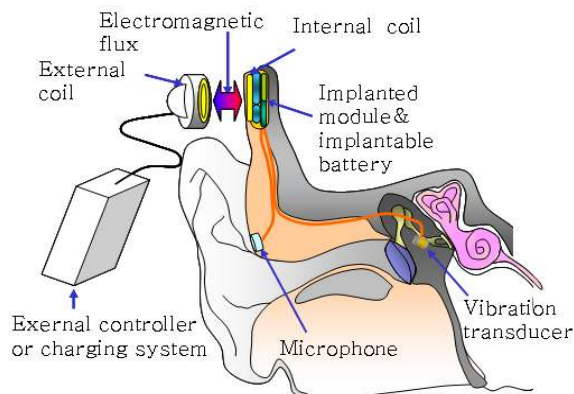


그림 1. 완전 이식형 인공중이의 이식 모식도

그림에서 보는 바와 같이 외부와의 연결을 수행하는 부분이 없어 보청기의 적합뿐만 아니라 제어 및 충전을 수행하기 어려운 문제를 해결하기 위하여 완전 이식형 보청기는 그림 1과 같이 보청기의 제어와 충전에 무선 전송 기술을 사용한다[4]. 무선 전송을 이용한 적합장치는 아직까지 공기전도형 보청기에서의 Hi-pro와 같은 전송 표준이 없으며 각 보청기별 무선 전송 방식과 주파수, 출력 특성이 달라 타 보청기의 제품을 적용하기 어렵다.

완전이식형 인공중이에서의 무선 적합 기법의 적용은 2007년 이 등에 의해 제안되었다[5, 6]. 이 등이 제안한 방법은 마이크로폰과 진동체의 특성을 주파수 7구간에 대하여 고려하고 이를 적합 소프트웨어에 적용하는 방법이나 실제 주파수 특성의 적용을 위해서는 보청기내부의 필터뱅크를 사용하여야 하며 일반적으로 보청기 칩 내부의 필터뱅크는 2개 혹은 4개에 불과하므로 보청기에서의 실시간 적용이 어렵다. 근래에 출시되는 보청기 칩에서의 경향도 FFT를 사용한 주파수 고려보다는 저전력 구현이 가능한 필터뱅크를 사용하고 있어 이 등이 제안한 방법은 소프트웨어 적인 구현만 가능할 뿐 실제 보청기에서의 직접적인 적용이 어려운 방법이다.

본 논문에서는, 완전 이식형 인공중이의 이식형 마이크로폰과 진동체의 특성을 고려하고 기존 방법에서의 문제점인 다채널 필터뱅크 적용을 해결하기 위해 3구간의 주파수 구간에 대한 마이크로폰 및 진동체의 감쇄 및 증감 특성을 반영한 이득을 산출하고 이를 적용시킨 무선 적합 소프트웨어를 설계하고 구현하였다.

## 2. 본론

### 2.1 마이크로폰 및 진동체

완전 이식형 인공중이는 마이크로폰은 피부 아래에 위치하기 때문에 피부에 의한 감도 감쇠, 공진점 변화 등의 특성을 고려해 주어야 한다. 피부아래에서의 이식형 마이크로폰의 감도특성을 알아보기 위해 피부를 물이라 가정하고 이식형 마이크로폰을 물 아래 3 mm에 위치시킨 후 94 dB SPL (sound pressure level)의 순음을 인가하여 감도특성을 측정하였다. 그림 2는 공기 중에서의 이식형 마이크로폰의 감도특성과 물 아래에서의 마이크로폰의 특성을 비교한 것으로 물 아래에서는 주로 고주파성분의 감도가 저하됨을 알 수 있다.

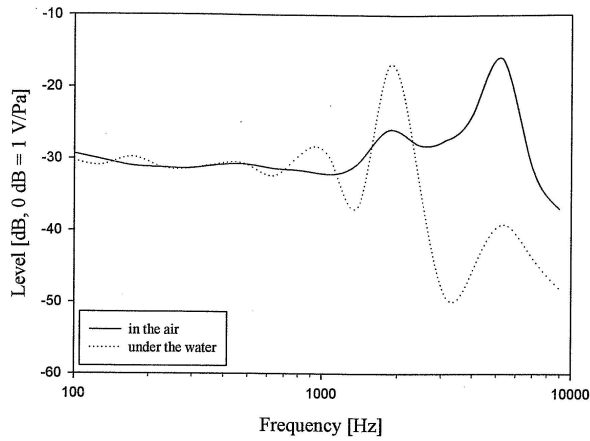


그림 2. 이식형 마이크로폰의 감도 측정

그림 3은 진동체 장착 후의 이소골의 진동변위(실선)를 정상화된 이소골의 자체 진동변위(점선)와 비교하여 나타낸 것이다. 진동체 장착 후의 이소골의 진동변위가 그림과 같이 나타나기 때문에 적합시 이러한 특성을 고려해 주어야 한다.

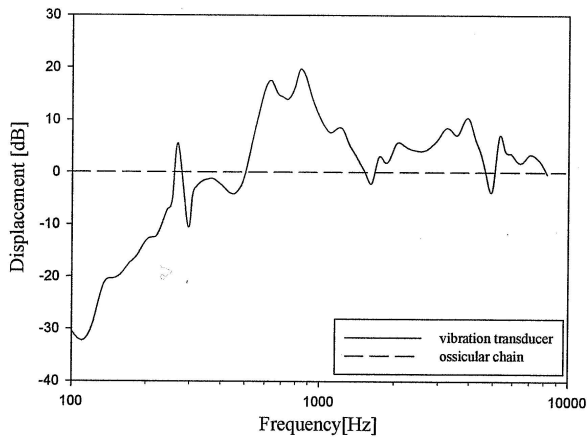


그림 3. 이소골에 장착된 진동체의 진동변위

표 1은 이식형 마이크로폰과 진동 트랜스듀서의 특성을 바탕으로 계산한 이득값으로 4개의 필터뱅크에 적용하기 위하여 3개의 주파수 구간으로 나누었다.

표 1. 이식형 마이크로폰과 진동 트랜스듀서 특성에 따른 보정량

Freq.[Hz]	125	1000	4000
Gain [dB]			
Microphone	0	-3	-22
Transducer	-28	9	10
Gain	28	-6	12

## 2.2 FIG6 적합법

FIG6 적합법은 입력음압 40, 65, 95 dB SPL에 대하여 각각 작은 소리, 정상 회화 음역, 큰 환경소음으로 나누고 난청자의 청력역치 값을 바탕으로 이 3가지 입력음압에 대해 작은 소리는 충분히 들을 수 있도록 편안한 소리는 편하게 큰소리는 불쾌하지 않을 정도의 크기로 들도록 각각의 목표이득을 산출하게 된다[7-9]. 표 2는 FIG6 적합법을 나타내고 있다.

표 2. FIG6 피팅법 (Hi : hearing threshold level)

Input level	Gain [dB]	Range [dB HL]
40 dB SPL	0	Hi < 20
	Hi - 20	20 ≤ Hi ≤ 60
	0.5Hi + 10	Hi > 60
65 dB SPL	0	Hi < 20
	0.6(Hi-20)	20 ≤ Hi ≤ 60
	0.8Hi-23	Hi > 60
95 dB SPL	0	Hi < 40
	0.1(Hi-40)1.4	Hi ≥ 40

## 2.3 적합 소프트웨어

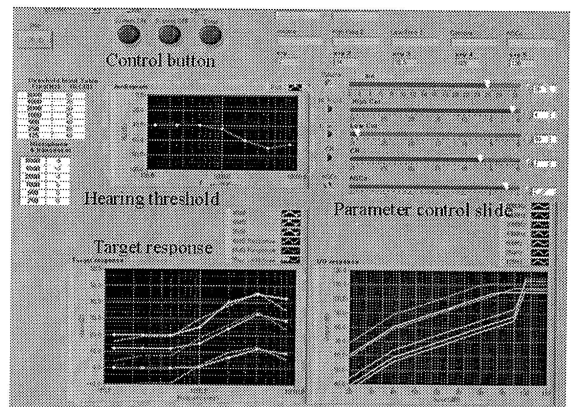


그림 4. 완전 이식형 인공중이용 적합 소프트웨어

제안한 적합 소프트웨어는 FIG6 적합법을 기반으로 하여 이식형 마이크로폰과 진동체의 특성을 고려하여 LabVIEW를 이용해 구현했다. 구현된 적합 소프트웨어는 난청자의 주파수별 청력역치를 입력받아 3개의 주파수 구간에 대한 마이크로폰 및 트

랜스듀서의 특성을 반영하여 FIG6 적합법에 의거한 보상목표 그래프를 산출한다. 음량, 차단 주파수 등의 매개변수를 적절히 선택하여 이식형 인공중이의 최종 응답 특성이 보상 목표그래프에 근접하도록 한다. 선택된 매개변수들은 무선기기를 이용해 이식된 인공중이로 전달하여 적합을 완료한다. 그림 4는 구현된 완전 이식형 인공중이용 적합 소프트웨어이다.

### 3. 결론

제안한 적합 소프트웨어는 FIG6 적합법을 기반으로 하여 이식형 마이크로폰과 진동체의 특성을 고려하여 LabVIEW를 이용해 구현했다. 구현된 적합 소프트웨어는 난청자의 주파수별 청력역치를 입력받아 다채널 필터뱅크 적용을 위해 3개의 주파수 구간에 대한 마이크로폰 및 트랜스듀서의 특성을 반영하여 FIG6 적합법에 의거하여 보상 목표그래프를 구하고 보청기 칩으로부터의 음량, 차단 주파수 등의 매개변수를 조절하여 구해진 목표치를 근접하도록 한다. 이때, 목표치로의 근접은 보청기 칩의 출력 특성에 제한을 받는다. 제안한 적합 소프트웨어에 의해 구해진 목표치는 3개의 주파수 구간에 대해 고려하여 얻어진 특성을 고려하였으며 이는 보청기 칩 내부의 제한된 필터뱅크의 수로도 구현이 가능하다. 그림 4는 구현된 이식형 인공중이용 적합 소프트웨어이다.

### 참 고 문 헌

[1] R. Goode, "The implantable hearing aids," The Otolaryngologic Clinics of North America, vol. 11, no. 1, pp. 155-16, August 1978.  
 [2] B. S. Song, J. H. Park, Y. H. Yoon, M. N. Kim, S. K. Park, S. H. Lee, and J. H. Cho, "Differential floating mass type vibration transducer for MEI system," Proceedings of the 22th Annual International Conference of the IEEE Engineering in Medicine and Biological Society, vol. 4, pp. 2575-2578, July 2000.  
 [3] 이광선, "보청기의 Fitting 및 Post-Fitting Management," 임상이비인후과학회지, 제14권, 제2호, 대한이비인후과학회, pp.232-243, 2003.  
 [4] 이장우, 임형규, 이승현, 박일용, 조진호, "완전 이식형 인공중이를 위한 무선 충전장치의 구현,"

제1회 한국재활복지공학회 추계학술대회 논문집, 제1권, 제1호, pp.119-121, 2007. 10.

[5] 이승현, 정의성, 임형규, 한지훈, 이장우, 박일용, 조진호 "LabVIEW를 이용한 완전 이식형 인공중이용 피팅 프로그램의 설계 및 구현," 제35회 대한의용생체공학회 춘계학술대회 논문집, pp.601-604, 2007. 5.  
 [6] 이승현, 이식형 인공중이용 피팅 프로그램의 구현 및 프로그래밍 인터페이스 장치의 복조특성 개선, 석사학위논문, 경북대학교, 2007. 12.  
 [7] H. G. Mueller and M. C. Killion, "An easy method for calculating the articulation index," Hearing Journal, vol. 46, no. 9, pp. 14-17, 1992.  
 [8] H. Dillon, Hearing Aids, Boomerang Press, Sydney, 2001.  
 [9] 허승덕, 청각학, 동아대학교 출판부, 2002.



#### 이 장 우

2005년 2월 경북대학교 전자전기공학부 졸업 (학사)  
 2007년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)  
 2007년 3월 - 현재 경북대학교 대학원 전자전기컴퓨터학

부 (박사과정)

관심분야 : 이식형 의료기기, 무선전력전송



#### 정 의 성

2003년 2월 경북대학교 전자전기공학부 졸업 (학사)  
 2005년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)  
 2006년 3월 - 현재 경북대학교 대학원 전자전기공학부

(박사과정)

관심분야 : 음성신호처리, 이식형 의료기기



**임형규**

2002년 2월 경북대학교 전자전기공학부 졸업 (학사)  
2004년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)  
2004년 3월 - 현재 경북대학교 대학원 전자공학과 (박사

과정)

관심분야 : 의용전자, 생체 이식형 의료기기, 무선 전력전달 및 통신

1996년 - 현재 경북대학교 의학전문대학원 의공학 교실 주임교수

관심분야 : 생체신호처리시스템, 의학영상처리



**조진호**

1988년 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)  
1991년 - 1992년 University of Iowa, 교환교수  
1984년 - 2009년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부

교수 및 병원 의공학과 교수 (겸무)

2000년 - 현재 경북대학교 의과대학 의공학교실 주임교수

2002년 12월 - 현재 보건복지부지정 첨단감각기능회복장치연구소 연구소장

2008년 8월 - 2010년 2월 전자전기컴퓨터학부 학부장

2010년 3월 - 현재 IT 융복합 대학 학장.

관심분야 : 생체 전자, 생체 신호 처리, 의용 센서시스템, 완전이식형 인공중이, 초소형 텔레메트리 시스템 등



**이정현**

2002년 2월 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 졸업 (학사)  
2004년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)  
2008년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (박사)

2007년 3월 - 2008년 2월 계명대학교 동산의료원 의료정보학교실 연구강사

2008년 3월 - 현재 경북대학교병원 의공학과 임상조교수

관심분야 : 재활복지공학, 신호처리, U-healthcare



**성기웅**

1998년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)  
2000년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (석사)  
2010년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업 (박사)

2009년 3월 - 현재 경북대학교 전자전기컴퓨터학부 초빙교수

관심분야 : 신호처리, 이식형 의료기기, 인공중이



**김명남**

1988년 2월 경북대학교 전자공학과 졸업 (학사)  
1990년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(석사)  
1995년 2월 경북대학교 대학원 전자공학과 졸업(박사)