

## 전음성 청각장애인용 골도 전화기 개발 및 성능 평가

### Development of a Bone Conduction Telephone for Conductive Hearing Impaired Persons and its Performance Test

강 경 옥\*, 강 성 훈\*

(Kyeongok Kang\*, Seonghoon Kang\*)

#### 요 약

본 논문에서는 전음성 난청 등의 청각장애인이 외부의 보조기구를 사용하지 않고도 전화통화를 할 수 있도록 개발한 골도 전화기의 특징과 성능 평가결과에 대해 기술한다. 골도청각 뿐만 아니라 기도청각을 이용하여 음성신호를 청취할 수 있도록 설계된 골도 진동자를 개발하여, 청각장애인과 정상인이 골도 전화기를 함께 사용할 수 있다. 또, 청각장애인의 청력특성에 따른 손실을 보상해 줄 수 있는 음색조절 기능이 있으며, 이 기능과 수화음량 조절기능을 이용하여 20dB 범위의 수화음량정격을 가변할 수 있어 수화음량 증폭기능을 가진 고효율 전화기의 효과도 겸비하고 있다.

19명의 청각장애인을 대상으로 한 명료도 평가 및 요해도 실험 결과에 의하면, 약 61dB 이내의 골도 청력손실의 청각장애인은 단어나 문장을 이해하여 골도 전화기를 유용하게 사용할 수 있음을 알 수 있었다.

#### ABSTRACT

This paper describes characteristics of a bone conduction telephone which was developed for conductive hearing impaired persons to call without additional devices and results of its performance test. Not only the hearing impaired but also normal hearing persons can use this telephone because we developed a bone conduction vibrator with which they can perceive speech signal using functions of air conductive hearing as well as bone conductive hearing. It also has tone control function compensating hearing losses for the hearing impaired originating from their hearing characteristics, and using this function together with received volume control it has received volume range of 20dB in loudness rating, which is similar effect as what a telephone set with built-in received amplifier has.

From results of articulation and intelligibility tests for 19 hearing impaired persons, we can see that if their bone-conduction hearing loss is 61dB or less, they can understand words or sentences and response well with this telephone.

\*한국전자통신연구소 음향통신연구실

접수일자: 1995년 2월 20일

I. 서 론

우리 사회가 정보화 사회로 발전하기 위해서는 통신의 역할이 무엇보다도 크며, 이러한 정보화 사회를 지향하는 궁극적인 목적은 인간의 복지 증진에 있다고 생각된다. 따라서 이러한 혜택을 건강한 사람 뿐만 아니라 장애인들도 고루 누릴 수 있어야 진정한 복지사회가 이룩될 수 있을 것이다. 장애인중에서 특히 난청의 경우는 특별한 청각상의 장애에 의한 것도 있지만, 나이가 들게 되면 정도의 차이는 있으나 노화현상에 의한 노인성 난청이 자연스럽게 나타나며 [1]~[6], 또한 사회가 점차 고령화되어 감에 따라 그 수도 증가하게 되어 고도의 지식과 경험을 가진 연장자가 이러한 어쩔 수 없는 장애로 인하여 문화 혜택을 누리지 못하거나 생산 활동에 제약을 받게 되는 것은 매우 안타까운 일이므로, 이에 대한 통신분야에서의 대책 마련에도 나름대로 관심을 기울여야 할 것이다.

골도 전화기는 청각 장애인이 외부의 보조기기를 사용하지 않아도 골도청각을 이용하여 정상인처럼 전화통화를 할 수 있도록 개발된 전화기이다. 기존의 일반 전화기의 스피커로 구성된 수화함은 기도 수화함으로서, 이 스피커 출력의 공기 진동음이 청각 메카니즘에 의하여 귓바퀴와 외이도의 외이(outer ear)를 거쳐 고막과 중이(middle ear)의 3개의 작은 뼈들의 기계적 진동으로 변환되어 증폭된 후, 소리를 지각하는 감음계(sensorineural system)를 구성하는 내이(inner ear)를 통해 대뇌에 연결된 청신경에 전달됨으로써, 전화 사용자는 상대방의 소리를 알아 들을 수 있다. 즉, 골도전화기는 공기 전도음의 경로인 외이와 중이로 구성된 전음계(conductive system)의 장애정도가 심한 중도(重度)의 청각 장애인(전음성 청각 장애인)에 있어서도 내이 이후의 감음계 기능이 완전하거나 그 기능감퇴가 가벼운 경우에는 골도청각을 이용하여 통화할 수 있는 전화기이다[7]~[9]. 그러나, 기존의 골도 전화기의 경우 골도청각 전용의 골도 진동자를 수화함으로 사용하고 있기 때문에 일반인과 청각 장애인의 동거 가정에서는 별도의 전화기를 구비해야 하는 문제점 등이 있었다.

따라서 이러한 문제점을 해결하기 위하여, 본 연구에서는 소형 스피커 유니트의 보이스코일 및 댐퍼로 구성된 골도 진동자를 개발하여 골도청각에 의한 진동을 청취뿐만 아니라 기도청각을 이용하여 음성

신호를 청취할 수 있도록 하여 전음성 난청의 청각 장애인은 골도청각을, 정상 청력인은 기도청각을 이용하여 골도 전화기만으로 동시에 전화통화를 할 수 있도록 개발하였다.

본 논문에서는 골도청각을 이용하는 전화기로서 중도의 전음성 난청자(노인성 난청 및 소음성 난청 포함)를 그 사용 대상으로 하고 난청자의 전화통화 대책의 일환으로 개발된 골도 전화기의 개발내용 및 성능 평가에 대하여 기술한다.

II. 골도 전화기 개발

제2장에서는 골도 전화기의 수화함으로 사용된 골도 진동자의 구조와 특성을 포함한 골도 전화기의 구성 및 전화기의 수화 특성 등을 기술한다.

2.1 골도 진동자의 설계 및 특성

골도 진동자는 입력으로 주어지는 음성신호를 진동으로 변환하여 주는 장치로서, 일반 전화기에서 수화함으로 사용되는 수화 유니트 대신에 골도 전화기의 수화함으로 사용될 경우, 전음성 난청의 청각 장애인이 뼈의 진동을 통해 음성신호를 지각할 수 있는 골도청각을 이용하여 음성신호를 청취할 수 있다. 특히, 본 골도 진동자는 중도의 골도청각 전용의 골도 진동자와는 달리 골도청각에 의한 진동음 청취뿐만 아니라 일반 정상 청력인도 기도청각을 이용하여 음성신호를 청취할 수 있도록 설계하였다.

이러한 목적을 고려하여 설계된 골도 진동자의 구조를 그림 1에 나타낸다. 그림에서 (1)은 고정자석의 역할을 하는 자기회로 및 전자석, (2)는 음성신호를 자체의 변화로 변환하는 진동자용 코일인 보이스코일 및 공기 진동을 일으키는 댐퍼, (3)은 보이스코일이 감겨있는 보빈위에 접촉되고 '+'자 모양으로 설계

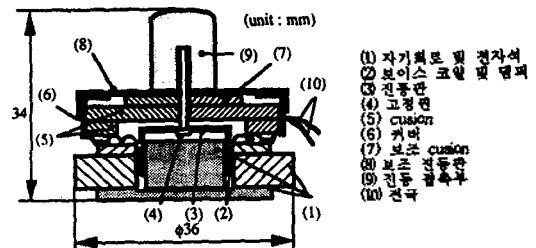


그림 1. 골도 진동자의 구조

된 진동판이다. (4)는 진동판과 진동 접촉부를 연결하는 고정편, (5)는 진동판과 댐퍼의 진동을 안정되게 유지하는 cushion, (6)은 전체 진동자의 진동을 안정되게 유지하는 커버이고, (7)은 보조 cushion이다. 또, (8)은 (3)의 진동판의 진동을 보조하는 보조 진동판, (9)는 골도청각의 전달이 가장 좋은 부위인 유양돌기(mastoid)에 진동을 직접 전달하는 진동 접촉부이고, (10)은 전극이다.

전극을 통하여 외부의 음성신호가 진동자용 코일인 보이스 코일에 전달되면 보이스 코일에 흐르는 전류에 의해 자기장이 발생하게 되고, 이 자기장과 자기회로 및 전자석으로 구성된 고정자석에 의한 자기장이 서로 흡인·반발 작용을 일으켜, 보이스 코일이 감겨 있는 보빈이 자기회로의 공극에서 상하 진동운동을 하게 된다. 그 결과, 보빈과 연결되어 있는 진동판[그림 1의 (3)]이 상하로 진동하게 되고, 여기에 보조 진동판[그림 1의 (8)]의 진동이 가미된다. 이때, cushion과 커버에 의해 전체 진동이 안정되게 유지되며, 진동판과 진동 접촉부를 연결하고 있는 고정편에 의해 진동이 진동 접촉부로 전달되어 이를 유양돌기에 접촉시킴으로써 골도청각을 이용하여 음성신호를 지각하게 되는 것이다. 한편, 위의 보빈의 진동으로 보빈에 접촉되어 있는 댐퍼의 공기 진동을 발생시켜 진동을 더욱 보강하게 되며, 결과적으로 일반 정상인의 경우에도 골도청각 대신 기도청각을 이용하여 음성신호를 청취할 수 있다.

다음은 골도 진동자의 출력 가속도의 목표치에 관한 설계 원리를 기술한다. 청각의 원리에 의하면 외부의 소리가 외이와 중이를 거쳐 내이로 전달될 때, 음압이 최대 약 37dB 정도 증폭된다. 그러나, 전음성 난청의 청각장애인의 경우에는 외이와 중이의 기능 저하로 말미암아 최대 37dB의 음압 손실이 발생하게 된다. 또, 통상의 전화기의 수화음 레벨이 70dB SPL 이상으로 알려져 있다. 위와 같은 사실을 고려하여, 진동자의 정격 입력레벨을 1watt로 미리 설정하여, 이 레벨에서 1kHz 성분의 출력 음압레벨을 이 진동자의 진동 접촉부의 상단 표면에서 100dB SPL이 되도록 설정하여, 이 음압레벨에 해당하는 가속도 레벨을 골도 진동자의 목표 레벨이 되도록 골도 진동자를 설계하였다.

이 경우, 진동 접촉부의 상단 표면에서의 음향 파워 레벨 SWL은 식 (1)과 같다.

$$SWL[\text{dB re } 10^{-12}\text{W}] = \text{SPL}[\text{dB re } 20\mu\text{Pa}] + 20\log_{10}r + 11 \quad (1)$$

식 (1)을 이용하면 음향파워  $W$ 는  $7.2 \times 10^{-5}[\text{W}]$ 이며, 여기서  $r$ 은 진동판으로부터 진동 접촉부의 상단 표면까지의 거리로  $24 \times 10^{-3}[\text{m}]$ 이다. 또,  $ka < 0.5$ 의 저 주파수 영역에서 진동판의 속도  $v[\text{m/s}]$ 와 방사 음향파워의 관계는 식 (2)와 같다[10].

$$W = R \cdot v^2 = (\pi \rho \omega^2 a^4 / 2c) \cdot v^2 \quad (2)$$

(2)식을 이용하면  $v$ 는  $0.4[\text{m/s}]$ 이다. 여기서,  $R$ 은 방사 저항,  $\rho$ 는 공기밀도로  $1.2[\text{kg/m}^3]$ ,  $a$ 는 진동판의 반경으로  $6.75 \times 10^{-3}[\text{m}]$ 이고,  $c$ 는 음속으로  $344[\text{m/s}]$ 에 해당한다. 그러므로,  $24 \times 10^{-3}[\text{m}]$ 의  $r$ 을 이용하면 평균 가속도는  $6.7[\text{m/s}^2]$ 이며, 100dB SPL의 음압레벨에 해당하는 진동자의 가속도 레벨의 설계 목표치는  $20[\mu\text{m/s}^2]$ 을 기준 레벨로 하면 110.5dB이다.

위와 같이 설계된 골도 진동자의 전기적 특성 및 골도/기도 수화 특성의 측정결과를 다음에 기술한다. 골도 진동자의 허용입력을 1W의 정격입력과 1.5W의 최대입력으로 하였고, 진동자에 사용된 보이스 코일의 저항은  $7\Omega$ 이다. 진동자의 최저 공진 주파수(nominal frequency) 및 정격 임피던스(nominal impedance)를 구하기 위하여 골도 진동자의 임피던스의 주파수 특성을 측정하였다. 이때,  $1\text{k}\Omega$ 의 저항을 진동자와 직렬로 연결하여 진동자에 흐르는 전류를 일정하게 유지하도록 하였다. 측정결과에 의하면, 최저 공진 주파수 이상의 주파수에서의 임피던스의 최소값을 의미하는 진동자의 정격 임피던스는  $1.09 \sim 1.30\text{kHz}$ 에서 약  $8.4\Omega$ 이고, 최저 공진 주파수는  $0.972 \sim 1.15\text{kHz}$ 의 범위에 있다. 측정 결과의 일례를 그림 2에 나타낸다.

진동자의 주파수 특성은 그림 3과 같이 신호 발생기로 핑크 노이즈(pink noise)를 발생시켜 1/12 옥타브 간격의 측정대역상의 각각의 주파수에 대하여 파워 앰프를 이용하여 진동자에 1W의 정격입력을 가해, 골도 주파수 특성의 경우에는 진동을 픽업하여 가속도로 나타내는 의사 유양돌기(Artificial Mastoid, B&K Type 4930)를 사용하고, 기도 주파수 특성의 경우에는 머리 몸통 모사기(HATS: Head and Torso Simulator, B&K Type 4158)를 사용하여 HATS의 의사귀 출력을 실시간 분석기로 측정하였

다. 골도 주파수 특성은 기준 가속도를  $20[\mu\text{m}/\text{s}^2]$ 으로 하면  $290\text{Hz}\sim 3.45\text{kHz}$ 에서  $(114.5\pm 6.5)\text{dB}$  ( $0\text{dB}=20\mu\text{m}/\text{s}^2$ )이고, 기도 주파수 특성은 기준음압을  $20[\mu\text{Pa}]$ 으로 하면  $(92\pm 11)\text{dB SPL}$  ( $0\text{dB}=20\mu\text{Pa}$ )이며, 그 결과를 그림 4에 나타낸다. 이 결과로부터, 골도 진동자의  $1\text{kHz}$ 의 기도 음압레벨을  $100\text{dB SPL}$ 로 설정했을 경우의 가속도 레벨이  $112\text{dB}$  ( $0\text{dB}=20\mu\text{m}/\text{s}^2$ )임을 알 수있으며, 이는 위의 골도 진동자의 가속도의 설계 목표치와 유사한 값이다.

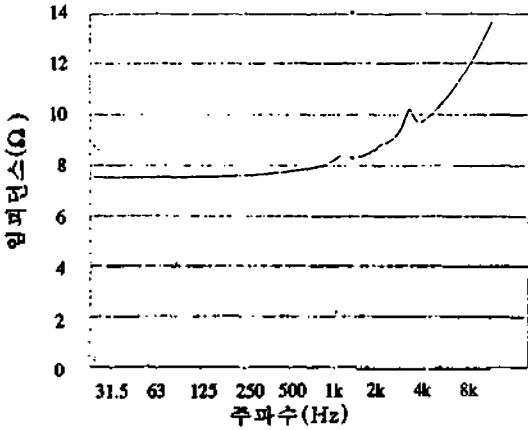
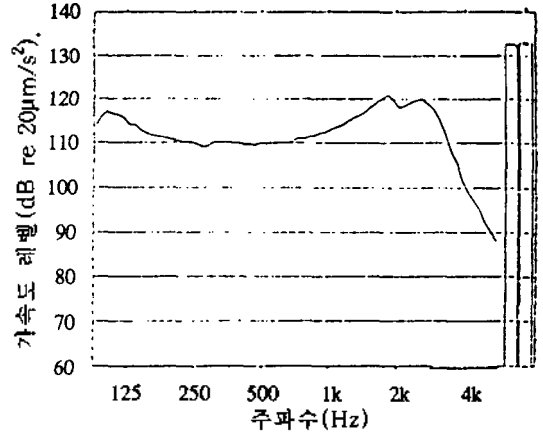
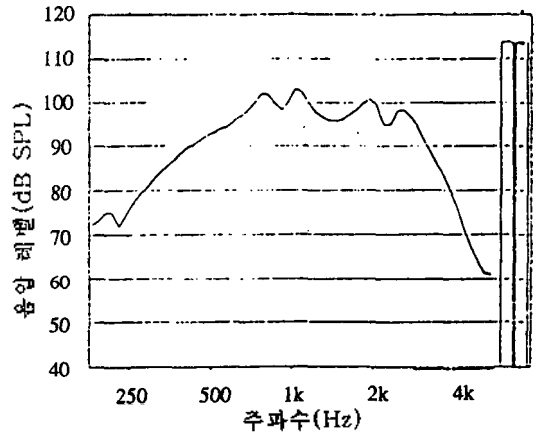


그림 2 골도 진동자의 임피던스/주파수 특성



(a) 골도 주파수 특성



(b) 기도 주파수 특성

그림 4 골도 진동자의 주파수 특성

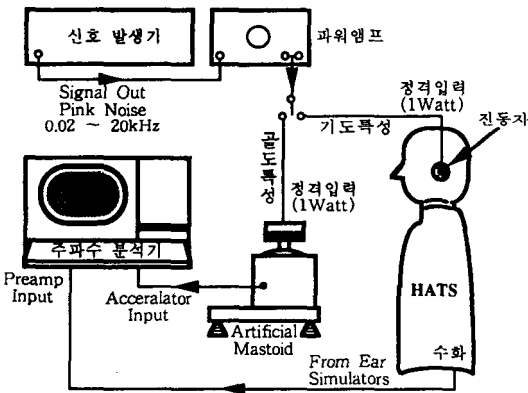


그림 3 골도 진동자의 주파수 특성 측정도

또, 3차 고조파 왜율까지의 총왜율(THD: Total Harmonic Distortion) 측정은 신호 발생기에서 1/12 옥타브의 정현파를 발생시켜 측정대역상의 각각의 주파수에서의 진동자에의 입력이 정격입력일 때와 최대입력일 때로 구분하여 실시하였다. 정격입력 조건에서의 총왜율[%]과 골도 왜율의 주파수 특성을 그림 5에 나타낸다. 측정결과에 의하면, 총왜율은  $125\text{Hz}\sim 4\text{kHz}$ 에서 정격입력의 경우에  $1.34\%$  이내이고, 최대입력의 경우에  $2.62\%$  이내이다.

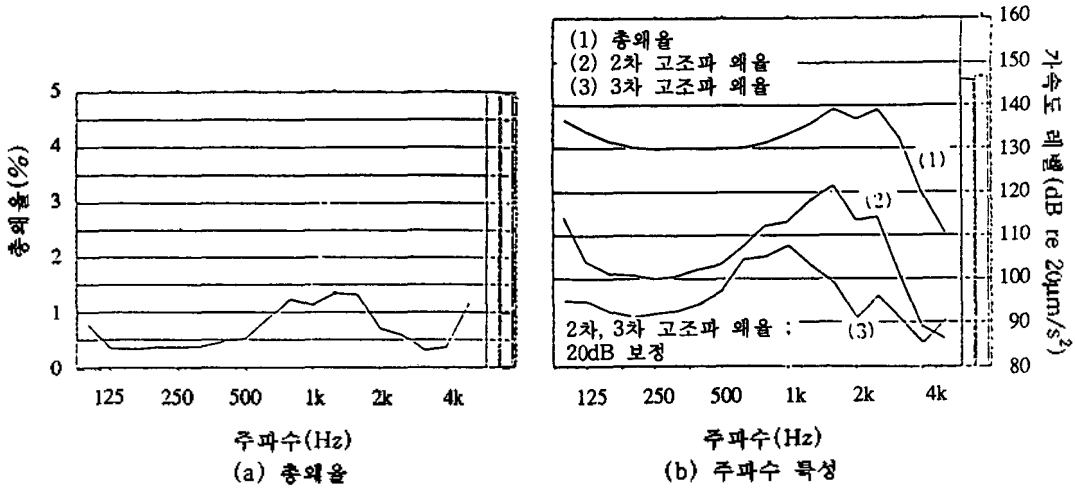


그림 5 골도 진동자의 왜율 특성(1W 정격입력)

2.2 골도 전화기의 설계 및 특성

2.2.1 골도 전화기의 설계

골도 전화기의 회로 구성을 그림 6에 나타낸다. 골도 전화기 본체는 회로망, 전원정류 회로, 스피치 회로, 음색 선택 및 조절회로, 음량 증폭회로 등으로 구성되어 있고, 그의 전원 어댑터, 벨 회로 및 핸드셋과 착신램프가 있다. 골도 전화기의 주요 구성은 스윗칭

및 긴급통보 기능을 포함한 다이얼 기능의 스피치 회로, 청각 장애인의 청각 특성에 따른 보상 역할의 평탄, 고역 강조 1, 2 특성을 가변저항을 이용하여 설정하고, 그 강조특성을 스위치를 사용하여 선택하는 음색선택 회로, 스피치 회로에 연결되어 음색선택 회로의 선택된 강조특성에 따라 음색 조절 기능을 가진 IC를 이용하여 스피치 회로를 통한 음성의 음색을 조절하는 음색조절 회로, 음색조절 회로에 연결되어 음성신호를 증폭하는 증폭 회로, 증폭 회로에 연결되어 음성신호를 골도 진동 또는 기도 진동신호로 변환하여 골도청각 또는 기도청각으로 수화할 수 있는 골도 진동자의 골도 수화감과 일반 송화감으로 이루어진 골도 핸드셋으로 구성되어 있다.

골도 전화기의 특징과 관련된 수화 특성의 주요 내용은 최대입력 1.5W, 음량조절 범위를 20dB로 설정하여 수화음량 증폭 효과가 있고, 음색조절 기능을 진동자의 주파수 특성을 고려하여 청력손실 특성에 따른 명료도가 최대가 되도록 평탄 특성 및 고역강조 1, 2 특성의 3단계로 가변할 수 있도록 구성하였다. 한편, 핸드셋의 구조는 일반용 핸드셋에서의 송화기와 수화기와의 상대관계를 기초로 하여 수화기를 컷바퀴 뒤부분의 유양돌기(Mastoid)에 접촉하도록 보정하여 구하였다. 수화기의 진동 전달이 양호한 최적 접촉 위치는 그림 7에 나타난 잘 들리는 부위의 분포 내 어느 곳이라도 좋지만, 컷구멍으로부터 약 3cm 후방의 유양돌기가 가장 명료도가 좋은 부위이다[8].

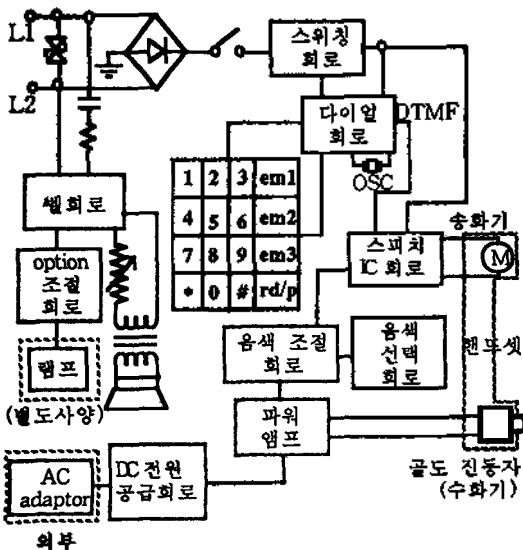


그림 6 골도 전화기의 회로 구성도

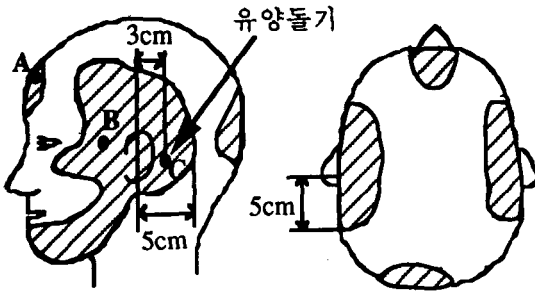


그림 7. 골도 청각이 좋은 부위

2.2.2 골도 전화기의 특성

골도 전화기의 골도 수화 특성 및 기도 특성에 관한 내용을 기술한다. 골도 전화기의 주파수 특성 측정은 음원으로 핑크 노이즈를 사용하여 전화기 인터페이스(Telephone Interface, B&K Type 5906)를 통하여 전화기에 신호를 인가하였다. 이때, 인터페이스내의 차단 주파수 200Hz의 고역통과 필터 및 4kHz의 저역통과 필터, 급전회로 및 선로를 거쳐 골도 전화기에 신호를 인가하였는데, 이 신호의 입력레벨을 실제 전화통화시 전화라인에 입력되는 음성신호의 평균레벨이 -10~-20dBm임을 고려하여, 1/12옥타브 간격의 측정대역상의 각각의 주파수에 대하여 그 평균값인 -15dBm이 되도록 조정하였다. 진동자의 주파수 특성 측정과 같이, 전화기의 골도 주파수 특성은 전화 수화기의 출력을 의사 유양돌기에 입력하

여 그 출력을 가속도로, 기도 수화 주파수 특성은 전화 수화기의 출력을 HATS의 의사귀에 입력하여 그 출력을 음압으로 실시간 분석기를 이용하여 측정하였다.

측정결과에 의하면 수화음량이 최대일 때, 골도 주파수 특성은 290Hz~3.45kHz에서 음색조절 기능이 평탄 특성일 경우(110.5±6.5)dB(0dB=20μm/s<sup>2</sup>), 음색조절 기능이 고역 1 특성일 경우(112±10)dB, 음색조절 기능이 고역 2 특성일 경우(114±8)dB이고, 기도 수화 주파수 특성은 400Hz~3.45kHz에서(96±9)dB SPL(0dB=20μPa)이다. 그 측정 결과를 그림 8에 나타낸다.

전화기의 왜율은 3차 고조파 왜율까지의 총왜율을 측정하였다. 신호로는 정현파를 이용하여 1/12옥타브 간격의 측정대역상의 각각의 주파수에서 전화기 입력레벨이 주파수 특성 측정에서와 같이 -15dBm이 되도록 조정하여 측정하였다. 측정결과에 의하면 음색조절 기능이 평탄 특성일 때, 골도 총왜율은 300Hz~3.4kHz에서 3.54% 이내, 기도 총왜율은 600Hz~3.4kHz에서 5% 이내로 나타났다.

한편, 전화기의 음량정격 측정결과에 의하면 전체 음색조절 기능과 수화 음량조절을 고려한 수화 음량정격(Receiving Loudness Rating)은 최소 -18.9 dB(고역 2의 음색조절 기능, 음량 최대)와 최대 1.6dB(평탄의 음색조절 기능, 음량 최소)로 20.5dB의 음량 조절 범위를 가지고 있고, 송화 음량정격(Sending

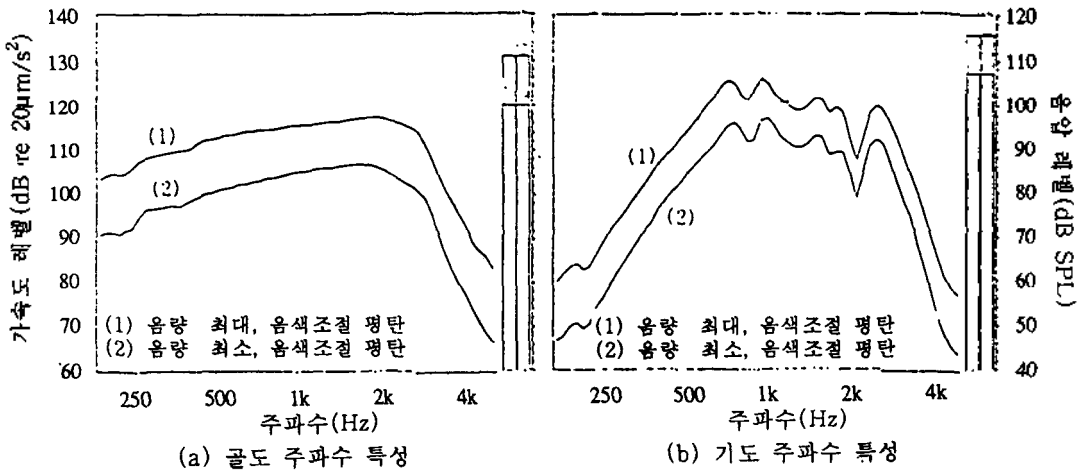


그림 8. 골도 전화기의 주파수 특성

Loudness Rating)은 10.4dB이다. 그러므로, 골도 전화기가 20dB의 수화음량 조절범위를 가지도록 설계된 것을 확인할 수 있으며, 이는 수화증폭 기능의 전

회기와 유사한 효과이다.

이상의 골도 전화기의 특성을 정리하여 표 1에 나타낸다.

표 1. 골도 전화기의 특성

항목	특성
골도 수화 특성 최대 입력 주파수특성 (가속도 규정, 기준가속도 : 20 $\mu$ m/s <sup>2</sup> )  출력레벨 (가속도 규정, 기준가속도 : 20 $\mu$ m/s <sup>2</sup> )  왜율 특성 (총왜율, 3차 왜율까지)	1.5 Watts  전화기 입력레벨 -15dBm, 290Hz~3.45kHz에서 - 평탄 특성(음량 최대) : (110.5 +/- 6.5)dB - 평탄 특성(음량 최소) : (99 +/- 8)dB - high 1 특성(음량 최대) : (112 +/- 10)dB - high 1 특성(음량 최소) : (104.5 +/- 13.5)dB - high 2 특성(음량 최대) : (114 +/- 8)dB - high 2 특성(음량 최소) : (108 +/- 11)dB  전화기 입력레벨 -15dBm, averaging time 16s - 평탄 특성(음량 최대) : 131dB - 평탄 특성(음량 최소) : 120dB - high 1 특성(음량 최대) : 133.4dB - high 1 특성(음량 최소) : 128.3dB - high 2 특성(음량 최대) : 133.6dB - high 2 특성(음량 최소) : 129.4dB  전화기 입력레벨 -15dBm, 평탄 음색조절 특성 - 300~3400Hz에서 3.54% 이내
기도 특성 수화 주파수 특성  수화 출력레벨  수화 왜율특성 (총왜율, 3차 왜율까지)  수화 음량정격  송화 음량정격	전화기 입력레벨 -15dBm - 290Hz~3.45kHz : (88.5 +/- 16.5)dB SPL - 400Hz~3.45kHz : (96 +/- 9)dB SPL  전화기 입력레벨 -15dBm, averaging time 16s 115.7dB SPL  전화기 입력레벨 -15dBm, 평탄 음색조절 특성 - 300~3400Hz에서 14% 이내 - 600~3400Hz에서 5% 이내  전체 음량조절(수화 음량정격) 범위 : 20.5dB - 평탄 특성(음량 최대) : -13.2dB - 평탄 특성(음량 최소) : 1.6dB - high 1 특성(음량 최대) : -14.8dB - high 2 특성(음량 최대) : -18.9dB  10.4dB

### III. 성능 평가

골도 전화기의 실 사용자의 범위를 명확하게 하기 위하여 단어 또는 문장 목록을 사용하여, 골도 전화기의 실제 사용 대상자인 청각 장애인을 대상으로 한 명료도(articulation) 시험과 문장 이해도(intelligibility) 평가 결과에 대해서 기술한다. 본 실험에서, 명료도 평가는 피험자가 들은 단어를 발음하고 이를 검사자가 평가자에 기록하여 음소별로 평가하는 것을 의미하며, 이해도 평가에서는 피험자가 문장을 듣고 그에 따라 반응하는 것을 평가한다.

#### 3.1 대상자

일반적으로 만 4세가 되면 들은 내용을 지각할 수 있고 이를 발음할 수 있는 것으로 알려져 있기 때문에, 평가는 만 4세 이후에 청력을 손실한 19명의 청각 장애인을 대상으로 실시하였다. 실험에 참가한 피험자의 기도 청력손실의 범위는 46~89dB의 범위이고, 골도 청력손실의 범위는 4~69dB의 범위이며, 그 분포를 표 2에 나타낸다. 실험에 참가한 대부분의 사람이 일반 전화기로는 거의 전화통화가 불가능한 사람들이다.

표 2. 피험자의 청력손실의 분포

청력손실[dB]	0~9	10~19	20~29	30~39	40~49	50~59	60~69	70~79	80~89	계
기도	0	0	0	0	1	3	5	8	2	19
골도	1	2	2	3	6	1	4	0	0	19

3.2 청취 검사용 목록 구성

명료도 평가용 목록으로 30개의 2 음절(disyllable) 단어로 이루어진 단어 목록을 구성하였다. 그 구성 원칙은 다음과 같다.

- (1) 표준어의 19개의 자음과 21개의 모음 전부를 포함한다.
- (2) 표준어의 받침소리로 발음되는 7개의 자음(ㄱ, ㄴ, ㄷ, ㄹ, ㅁ, ㅂ, ㅇ) 모두가 포함되게 한다.
- (3) 제 1 포르만트 주파수가 가장 적은 모음 'ㅣ'와 표준어의 19개 자음이 결합되는 음절 모두가 포함되게 한다.
- (4) 표준어의 19개 자음과 받침소리로 발음되는 7개의 자음이 첫째 음절과 둘째 음절에 각 한번씩 포함되게 한다.
- (5) 검사 단어는 2음절 표준 단어로서 최소수가 되게 한다.

위와 같은 원칙에 따라 구성된 단어 목록을 표 3에 나타낸다.

한편, 요해도 평가용 목록은 13개의 문장으로 구성하였다. 문장은 간단하고 평이한 청유문, 명령문, 부정문, 의문문 등을 만들고, 청유문과 명령문을 제외한 모든 문장을 의문문으로 바꾸어 구성하였으며, 이를 표 3에 나타낸다.

위와 같이 구성된 단어 및 문장 목록을 카세트 테이프에 녹음하였다. 이때, 각 단어 및 문장을 2번씩 녹음하였으며, 그 간격을 단어에 대해서는 2초, 문장에 대해서는 5초로 하였다. 또, 검사자가 피험자가 발음한 단어나 피험자의 문장에 따른 반응을 평가자에 체크하기 위하여, 언질한 단어 또는 문장간의 녹음간격을 10초로 하였다.

3.3 실험 및 결과

실험은 그림 9의 구성을 이용하여 실시하였다. 이때, 전화기의 입력레벨이 평균 -15dBm이 되도록 테이프 레코더의 출력을 조정하였다. 본 실험에 들어가기 전에 피험자 자신이 가장 잘 알아 들을 수 있도록 전화기의 음량과 음색 조절회로를 직접 세팅하였다. 평가결과를 요약하여 표 4에 나타낸다. 이에 따르면, 피험자의 기도 청력손실이 70dB 이상이라 할지

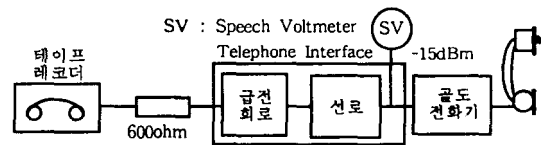


그림 9. 골도 전화기의 명료도 및 요해도 평가 구성

표 3. 명료도 평가용 2 음절 단어 목록 및 요해도 평가용 문장 목록

단 어 목 록	문 장 목 록
어디	당신은 학생이 아닙니까?
의외	당신은 어떤 직업을 가지고 있습니까?
올띠	당신은 어디서 사십니까?
이키	당신의 이름은 무엇입니까?
따리	누가 당신의 이름을 지어 주셨습니까?
까니	당신은 그림을 잘 그리지 못합니까?
애야	내일은 비가 올까요?
늘휘	물은 단단한 얼음이 됩니까?
예의	열심히 공부한 사람은 큰 업적을 남기니까?
심지	봄이면 낙엽이 지고, 가을이면 꽃이 필니까?
웃비	검사대 왼쪽에 있는 책을 오른쪽으로 옮겨 놓으세요.
기와	두 팔을 앞으로 들어 올려 보세요.
돈깨	내 손이 당신에게 잡혔습니까, 아니면 내가 당신 손을 잡았습니까?
뽕치	(검사자는 피검자의 손을 잡으면서 위와 같이 묻는다.)
빻장	
유인	
짜장	
비업	
체액	
약술	



표 4. 명료도 및 요해도 평가결과

피험자번호	나이	청력손실(dB)		단어 명료도(%)		문장 요해도(%)
		기도	골도	60개의 단음절	30개의 2음절 단어	13개의 문장
1	57	55	4	50	23	100
2	49	65	13	53	33	100
3	34	59	16	77	57	100
4	40	78	24	58	30	100
5	53	58	29	55	37	85
6	31	63	34	73	57	100
7	49	60	35	21	7	62
8	46	75	38	78	63	100
9	59	70	40	45	17	100
10	64	75	41	30	7	92
11	53	63	43	42	17	38
12	52	46	44	38	17	100
13	57	71	49	18	7	31
14	19	74	49	20	3	85
15	34	70	53	25	7	54
16	45	69	61	47	23	85
17	38	71	64	8	3	0
18	13	89	65	0	0	0
19	15	89	69	2	0	0

라도 골도 청력손실이 61dB 이하이면, 골도 전화기로 단어와 문장을 이해하고 이에 따라 적절하게 반응할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 평균 청력이득(기도와 골도 청력손실의 차의 평균)이 28dB이므로, 기도 청력손실이 90dB 이하인 대부분의 국내의 청각장애인(약 10만명으로 추산됨)이 충분한 언어훈련과 청취훈련을 받는다면 골도 전화기를 사용할 수 있다고 할 수 있다. 한편, 단어나 음절에 대한 명료도 점수가 문장에 대한 적절한 반응에 따라 평가한 요해도 점수보다 낮게 나타나 있는데, 이는 4세 이후에 청력을 잃을 경우 나이가 들어감에 따라 점점 발음능력이 퇴화되어 가는 것이 그 이유라고 할 수 있다.

위에서 언급하지는 않았으나, 만 4세 이전에 청력을 손실한 18명을 대상으로 한 실험도 실시하였다. 그 결과에 의하면 골도 청력손실이 68dB인 청각장애인을 포함한 3명만이 몇 개의 문장에 대해서만 적절한 반응을 보였다. 이로부터 만 4세 이전에 청력을 잃을 경우, 발음능력이 점점 퇴화되어 단어를 들은대로 적절하게 따라 발음할 수 없음을 알 수 있다. 따라서, 청각장애인을 대상으로 언어 청취검사를 실시할 경우에는, 문장이나 단어를 이용한 요해도 검사보다 더욱 신뢰성 있는 결과를 제시한다고 생각된다.

한편, 청각 정상인을 대상으로 기도 청각에 의한 명료도 실험을 실시하지 않았지만, 그림 8의 기도 주

파수 특성을 보면 주파수 대역은 일반 전화기보다 약간 좁지만 일반 전화기와 비교하여 거의 음색 변화도 없으며 명료도 변화도 없다.

#### IV. 결 론

이상에서 전음성 청각장애인의 통신복지 대책으로서 개발한 골도 전화기에 대하여 기술하였다. 골도 전화기의 특징은 골도청각과 함께 기도청각도 이용하여 음성신호를 청취할 수 있기 때문에, 청각 장애인과 정상 청력인이 골도 전화기만으로 동시에 전화통화를 할 수 있고, 청각 장애인의 청력손실 특성에 따라 명료도가 최대가 되도록 보상해 주는 음색조절 기능을 가지고 있다. 또, 음색조절 기능과 수화 음량 조절을 고려한 전체 음량조절 범위는 20dB로 수화증폭의 효과가 있다. 그외, 노약자의 경우에 긴급상황 발생시 유용한 긴급통보 기능과 별도 사양의 착신표시 기능인 벨 표시 기능이 있다. 또한, 주위의 소음레벨이 높은 공중전화기에서 골도 전화기를 사용하면 일반 전화기와 달리 소음의 영향을 받지 않고 명료하게 전화통화를 할 수 있다.

골도 전화기의 실 사용자의 범위를 명확하게 하기 위하여, 골도 전화기의 실제 사용 대상자인 청각 장애인을 대상으로 한 명료도(articulation) 시험과 문장 요해도(intelligibility) 시험 결과에 대해서 기술

하였다. 그 결과에 의하면, 피험자의 기도 청력손실이 70dB 이상이라도 골도 청력손실이 61dB 이하이면, 골도 전화기를 사용하여 단어와 문장을 이해하고 이에 따라 적절하게 반응할 수 있음을 알 수 있었다. 또, 평균 청력이득(기도와 골도 청력손실의 차의 평균)이 28dB이므로, 기도 청력손실이 90dB 이하인 대부분의 국내의 청각장애인(약 10만명으로 추산됨)이 충분한 언어훈련만 받는다면 골도 전화기를 사용할 수 있다고 할 수 있다.

한편, 청각장애인을 대상으로 언어 청취검사를 실시할 경우에는, 문장이나 단어를 이용한 요해도 검사가 음절이나 단어를 이용한 명료도 검사보다 더욱 신뢰성있는 결과를 제시한다는 것을 알 수 있었다.

골도전화기의 개발은, 청각장애인을 위한 통신기기 개발 연구가 전혀 이루어지고 있지 않은 상황에서 지금까지 전화를 사용할 수 없었던 중도의 전음성 난청자가 전화통화를 할 수 있는 길을 열었다는데 그 의미가 있다고 생각된다. 앞으로 휴대폰에도 응용하면 장소에 상관없이 손쉽게 활용할 수 있을 것이며, 골도 진동자는 음악 청취용 골도 헤드폰에 응용될 수 있을 것이다[11][12].

6. 武田, "最高可聴域の年齢變化", 日本音響學會聽覺研究會資料, H-89-8, 1989.
7. 山上, "シルバ-ホン(めいりょう)", 施設-27-10, pp. 117~124, 1975.
8. 中島 一外, "骨傳導電話機: 鼓膜がなくても受話できる電話機", 施設-31-12, pp. 104~109, 1979.
9. Seonghoon Kang, Kyongok Kang, Jaewoo Yang, Seuongkook Kim, "A bone conduction telephone with an air-conduction hearing function", Proc. of the Meeting of the Acoustical Society of Japan, pp. 529~530, Kumamoto, Japan, Oct. 31~Nov. 2, 1994.
10. 山本武夫 編著, スピーカ-システム(上), pp. 24~28, ラジオ技術社, 東京, 1980.
11. 강성훈, 강경옥, "청각장애자용 음향 청취 장치", 특허출원번호 제 94-25746호, 1994년 10월 7일.
12. 강경옥, 강성훈, "청각장애자용 골도 헤드폰", 특허출원번호 제 94-25745호, 1994년 10월 7일.

▲강 경 옥: 11권 1호 참조

▲강 성 훈: 9권 1호 참조

#### 감사의 글

본 연구를 수행하는데 있어서 골도 전화기의 성능평가에 협조해 주신 단국대학교 김승국교수 및 청각장애자협회 청음회관 직원들께 감사드립니다.

#### 참 고 문 헌

1. 강성훈 외, "난청과 전화통화", 텔레콤, 제4권2호, pp. 2~5, 1988년 2월.
2. 강성훈, "난청자의 전화통화 대책", 한국통신학회 '92 하계발표대회 논문집, pp. 293~296, 1992년 7월 23일~25일, 광주 조선대.
3. 강성훈, 김주화, 이성국, "노약자용 전화기 개발", 청각장애인의 복지통신대책 워크샵, 1992년 10월 16일, 서울 KOEX.
4. 강성훈, 강경옥, "청각장애인 및 고령인을 위한 복지형 전화기", 한국음향학회지, 제12권4호, pp. 63~71, 1993년 4월.
5. 강성훈, 강경옥, 양재우, "장애인 및 고령인을 위한 복지통신 단말", 대한전자공학회지, 제20권8호, pp. 58~64, 1993년 8월.