

난청인의 통화 청취도 향상을 위한 전화기 개발

이상민·송철규·이영목·김원기

= Abstract =

A Development of Telephone for the Hearing Impaired to Improve Listening Ability of Telephone Speech

S.M. Lee, C.G. Song, Y.M. Lee, W.K. Kim

We developed a new hearing aid telephone which helps the hearing impaired person to improve the listening ability of telephone speech. Recently, the hearing impaired person and the elderly who has hearing loss have been continuously increased and their desire for participating society as a producer has been increased also. So they strongly want the hearing aid devices which make compensation for their handicap. The hearing aid telephone is one of the basic aid devices that helps the hearing impaired to communicate well with other people and to acquire easily useful information through the phone.

We analyze the hearing ability of the hearing impaired, design the new model of the hearing aid telephone and test the telephone in three fields—electrical, word perception, user test. Our new telephone has four band pass filter channels and the center frequencies of these filters are 500, 1000, 2000, 3000Hz which are considered psychoacoustic factors and telephone line characteristics. The hearing impaired can adjust the total gain characteristics of receiving sound to his hearing ability by setting four volumes in the telephone. This procedure is called fitting which is a very important factor for the hearing impaired to take meaning of speech. The total gain of this telephone is over 20dB from 250Hz to 3200Hz range. From the results of the tests we certify that our new model is better for the hearing impaired to understand the meaning of telephone speech than the old general models.

The next step of developing the hearing aid telephone is to study about compressing sidetone and noise, dividing frequency bands, selecting hearing aid pattern and compensating psychoacoustic loudness. we expect that the advanced hearing aid telephone can be developed by the research about speech perception characteristics of the hearing impaired in engineering and clinical side.

Key words : Haring impaired, Hearing aid telephone, Compensation, Fitting

서 론

청력과 난청에 대한 연구는 오래전부터 의학계, 언어학계, 심리학계 등 여러 분야에서 꾸준히 진행되어 왔는데 근래에 신호처리 기법과 반도체 기술의 발전으로 공학계와 의학계를 비롯한 산업계 분야에서 관련된 장비와 제품이 활발히 연구, 개발되고 있다[1-3]. 청각관련된 연구분

야 및 대상을 표 1에 정리하였는데 특히 난청현상을 규명하고 난청을 보상하려는 보청분야에서는 다양한 형태의 신호처리 방법을 적용한 보청용 제품들이 개발, 상품화되고 있다. 난청 보상을 위한 기기개발에 있어서 중요한 연구분야가 난청인 개개인에게 공통적으로 적용되는 난청 보상 알고리즘 개발인데 개인별로 청력특성 차이가 있으므로 기본이 되는 보상 알고리즘 함수형태에서 개개인의

삼성생명과학연구소 임상의학연구센터

Biomedical Engineering Center, SAMSUNG Biomedical Research Institute

본 연구는 삼성전자 부설 삼성생명과학연구소 연구비(E-97-010)의 지원에 의하여 이루어진 것임.

통신저자 : 이상민, (135-230) 서울시 강남구 일원동 50 삼성생명과학연구소 임상의학연구센터,

Tel. (02)3410-3680, Fax. (02)3410-3689

표 1. 청각에 대한 연구분야

Table 1. Research fields about hearing

연구 분야	연구 대상
Psychoacoustics	masking effect(pre, post, time, frequency), critical bands, loudness, pitch and pitch strength, just-noticeable sound changes, fluctuation strength, roughness, sharpness and sensory pleasantness
Electronic signal processing	nonlinear amplification, compression into dynamic range, speech enhancement, noise reduction, electrical hearing aid
Clinical medicine	artificial ear, anatomy of the ear and facial nerve, auditory brain mapping, auditory evoked magnetic fields, hearing aid fitting method
Neuro-physiology, Biology, Chemistry	hair cell, auditory nerve fiber, cell activation, channel & neurotransmission in the ear

난청특성에 따라 일부 변수나 함수를 조정하는 형태로 개발되고 있다. 난청인들의 통신수단도 건청인과 마찬가지로 전화, 팩스, 삐삐가 일반적이데[4] 전화는 그 중에서도 가장 접하기 쉽고 많이 쓰이는 통신기기로서 양방향 통신기기임에도 불구하고 난청인에게 심리적인 부담을 많이 느끼게하고 난청의 정도에 따라 내용, 특히 숫자음의 오해를 유발시킬수 있는 위험이 있다. 일반적으로 우리나라 장애인들은 자신의 장애로 인하여 심리적인 부담을 느끼는 경우가 77% 이상이 되는데[5] 난청인들은 실제로 전화를 통해 수신되는 소리를 부정확하게 듣기 때문에 심리적인 부담감과 더불어 전화통화를 기피하게 된다. 항상 음성통신을 해야 하는 특정직업을 제외하고 난청은 더 이상 사회생활의 제약이 될 수 없다. 난청인용 전화기 개발을 통해 난청인이 자신있는 전화통화를 하며 사회생활에 적극적으로 참여할 수 있는 여건을 마련하여야 한다. 난청인의 손실된 청력에 대한 전기음향학적인 보상에 대한 연구들이 최근 신호처리 분야의 발전에 힘입어 다양하게 진행되고 있는데[6-7] 주로 실험실 조건에서 알고리즘이 개발되었으며 보청기에 적용된 예는 있으나[8] 전화기에 직접 적용된 예는 찾아보기 힘들다. 그 이유는 청력보상에 대한 원론적인 알고리즘이 보청기나 전화기가 다름이 없다고 평가되기 때문이기도 하겠는데 실제 현실 상황에서는 전화기 사용의 경우 보청기 사용 경우에 비하여 소리 입력레벨이 비교적 안정되어 있으나 음성만으로 언어의 의미 전달이 이루어지므로 음성언어의 명료도를 더욱 높여야 하는 어려움이 있다. 난청인을 위한 전화기 연구 예는 골도전화기를 말할 수 있는데[9] 소리가 기도(氣道)와 골도(骨道)를 통해 전달된다는 것에 착안한 연구로서 골도전화기는 주로 기도쪽의 손실이 많은 전음성 난청(conductive hearing loss)을 대상으로 하고 있어서 난청인의 대부분을 차지하고 있는 감음성 난청(sensorineural hearing loss)에 대한 보상이 어렵다. 본 연구에서는 감음성 난청에 유용할 수 있도록 소리의

변형, 증폭, 부수적 현상제거에 대하여 연구하고 구현하였다. 본 논문에서는 사회발전의 부산물인 각종 사고와 소음공해로 인한 난청현상의 대중화 현상과 난청인의 전화통화에서의 문제점에 대해 고찰하고 보청기능이 있는 전화기 개발과 개발된 전화기의 시험결과에 대하여 논한다.

난청의 일반화 현상과 공학적 고찰

1. 난청의 일반화 현상 고찰

사회의 양적, 질적 발전에 따른 부산물로서 각종사고로 인한 장애인 수와 고령인의 수가 꾸준히 늘어나고 있다. 생활주변의 산재된 소음, 공해, 고출력 오디오 기기 등의 영향과 각종사고, 약물복용 등으로 난청은 특정 직업이나 특정부류의 사람에게만 국한되어 발생하는 현상이 아닌 장애로 난청 장애인 또한 계속 늘어나고 있다[5,10]. 한국보건사회연구원은 1995년 장애인 실태조사에서 우리나라에는 100만명 이상의 장애인이 있고 청각 장애인은 약 20만명이며 후천적으로 청각장애를 입은 경우가 86% 이상이고 노인성 난청이 후천성 난청의 47%를 차지한다고 발표하였다[5]. 상기 실태조사에 의하면 장애인 스스로는 자신을 장애인이라고 생각하지 않는 경우가 많으며(41.4%) 연령별로 볼 때 60~69세의 경우는 39.9%, 70세 이상 경우는 50.1%가 장애인이지만 스스로를 장애인이라고 생각하지 않는다고 하였다. 특히 청각장애의 경우는 그 비율이 51%가 되는데 이것은 스스로 청각장애가 있는것을 '작은소리를 잘 못듣는 정상인' 또는 '귀가 나쁜 노인' 등으로 간주하고 자신을 장애인이라고 생각하지 않기 때문이라고 판단된다. 우리나라의 경우 전체 장애인의 44%가 60세이상(일본의 경우 60세이상인 63%)이며 2000년에는 65세이상 노령인 비율이 인구의 10%를 차지할 것이라고 예상되고 있는데 이는 인구의 고령화와 장애출현율의 상승을 예견하게 한다. 실제로 선진국의 장애

출현율은 1991년에 독일이 8.4, 일본이 3.5 지수였는데 우리나라는 1990년에 2.23 이었고 1995년에는 2.35로 증가하였다.

인구의 노령화와 핵가족화는 개방사회에서 노인과 장애인들의 자립생활을 필요하게 하고 있으며 이들은 자신의 신체적 기능저하를 보상해줄 각종 보조기기를 요구하고 있다. 이들이 많은 지식과 경험을 가지고 있더라도 특정 부분의 장애 또는 기능저하로 폐쇄적이고 의존적 생활을 하거나 생산적 활동에 제약을 받는 것은 매우 불합리적인 일이며 사회집단의 경쟁력을 높이기 위해서도 이 인력들 또한 적극적으로 생산적 활동을 할 수 있어야 한다. 통신 기술 및 컴퓨터 등 첨단 과학기술의 발전과 급진장되는 정보화 사회의 궁극적 목적은 인간의 복지증진에 있다고 할 수 있으며 난청인들이 지닌 청력의 일부기능 저하 및 손실에 대한 극복은 재활개념과 더불어 복지개념으로써 인식되어 가고 있다.

2. 난청의 공학적 고찰

난청의 공학적 접근과 해결을 위하여 난청현상을 공학적인 측면에서 고찰하여 본다. 난청의 종류는 크게 전음성 난청 (conductive hearing loss)과 감음성 난청 (sensorineural hearing loss)으로 구분할 수 있는데 전음성 난청은 최소 가청 문턱값(minimum hearing threshold level)이 상승하며 불쾌 문턱값(uncomfortable hearing threshold level)도 상승하여 청력의 동적범위(dynamic range)는 정상귀와 비슷한 범위를 가지므로 귀로 들어오는 음을 선형증폭함으로써 비교적 잘 보상되지만 감음성 난청은 최소 가청 문턱값이 상승하는데 반해 불쾌 문턱값은 정상귀와 비슷하거나 오히려 작아지는 현상을 갖는다. 즉 청력의 동적범위가 협소해진다[11]. 노인성 난청은 주로 감음성 난청으로 분류되며 특히 고주파 대역에서 최소 가청 문턱값이 많이 상승하는 특성을 보인다. 이러한 난청은 단순한 선형 증폭방법으로는 정밀한 보상이 불가능하고 비선형 증폭과 압축 등의 신호처리 기법을 동원하여야 하는데 난청인 개인의 청력손실 특성차를 보상하여 만족시키는 보상 알고리즘을 개발하는 문제는 매우 어려운 과제이다.

귀의 해부학적인 소리전달 과정을 소리신호 처리계라는 시스템으로 설명하면 소리 수집계, 전달계, 변환계, 인식계로 나눌수 있는데 소리 수집계는 귓바퀴를 비롯한 이개를 말하고 전달계는 외이도, 고막, 중이, 달팽이관의 난원창, 림프액이라 할 수 있다. 전달계의 소리전달 특성은 외이도, 고막과 중이 그리고 달팽이관의 난원창과 림프액의 모양, 크기, 밀도 등의 특성에 의해 그 전달특성이 달라진다. 전달계는 또한 큰소리에 대한 내이의 보호기능 및 필터기능도 가지고 있다. 소리 변환계는 기계적소리를

전기적소리로 바꾸어주는 역할을 하는데 귀에서는 달팽이관내의 2만여개의 헤어셀(hair cell)이 그 역할을 하고 있다. 이 헤어셀들은 수많은 협대역 대역통과 필터기능의 변환기(transducer)라고 설명할 수 있는데 각 필터의 중심주파수와 이득특성이 다르다. 소리인식계는 중추신경과 뇌부분을 지칭한다고 할 수 있다. 각 부분이 난청의 원인을 제공하고 있는데 공학적으로 많이 연구하는 분야는 소리 전달계와 변환계로서 주로 소리전달특성을 변화시키거나 인공 변환계를 만드는 연구를 한다. 수집계의 경우는 외과적 수술로 많은 부분이 보상가능하고 인식계의 경우는 뇌기능과 밀접하게 연관되는 부분이다. 소리 수집계 혹은 전달계의 이상으로 인해 청력손실이 있으면 주로 전음성 난청에 해당하고 소리 변환계에 이상이 있으면 주로 감음성 난청에 해당한다.

난청인의 일반전화기 사용상 문제점

장애인 중 77%가 장애로 인해 심리적인 부담을 느낀다고 하였는데 난청인에게 있어서 전화통화는 기능적으로나 심리적으로 매우 부담을 갖게 한다. 일반전화기의 경우 전송선로의 일정 저항범위내에서 소리의 송수신양을 평가하는 통화당량(通話當量)에 대한 권장규격을 가지고 있는데 전송로의 이득이나 손실을 제외한 전화기의 송수화이득 규격치는, 제조회사마다 다르지만 보통 평균이득이 송화 -3~10dB, 수화 -6~3dB 이고 음질에 대해서는 특별한 규격을 제한하지 않고 있어서 현재 일반전화기의 음량과 음질로는 난청인들의 원활한 전화통화가 어렵다. 일반적으로 50dB SPL(Sound Pressure Level)정도의 손실을 가진 난청인들의 경우는 조용한 상태에서 전화통화가 가능하고 70 dB SPL정도의 손실을 가진 사람은 대체적으로 통화에 불편을 느끼며 80 dB SPL이상의 손실이 있는사람은 일반전화기를 통한 정확한 통화음성인지가 매우 어렵다고 알려져 있다. 표 2에 난청정도와 전화통화 수준에 대하여 정리하였다[12]. 전화기의 수화당량을 높이기 위하여 보조회로를 채용한 전화기나 전화기에 부착 가능한 보조기들이 개발되고 있으나 증폭도가 낮고 음성신호의 명료도가 좋지 못한 상태이다.

표 2. 난청정도와 전화통화수준

Table 2. Hearing loss and telephone communication

분류	청력손실	전화통화의 곤란한 정도
A	23dB이하	없음
B	24~34dB	현저히 않음
C	35~54dB	정상음성 레벨이면 통화가능
D	55~89dB	보조수단 없이 듣기 곤란
E	90dB이상	보조수단 사용하여도 통화곤란

보청전화기의 개발

1. 개발방향

보청전화기의 올바른 개발방향은 '난청인들이 전화통화를 쉽고 편하게 할 수 있는 전화기 개발'이라고 규정할 수 있는데 다음과 같은 두가지 특징으로 기술될 수 있다. 첫째는 '난청인 개인의 청력특성에 잘 맞는 전화기'이고 둘째는 '난청인/고령인의 감성특성에 잘 맞는 전화기'이다. 난청인 청력특성에 맞추기 위해서는 우선 현재 전화기 보다 소리가 커서 청력감소를 충분히 보상할 수 있어야 하는데 수화당량을 높일 경우 전화기 내부와 외부를 통해 돌아오는 측음(sidetone)당량도 자연히 커지므로 피드백(feedback)에 의한 하울링(howling)현상이 발생하고 잡음레벨도 높아지므로 특별한 신호처리를 필요로 한다. 또한 수신 음성신호에 대한 주파수별 이득 보상이 있어야 하는데 난청인 개인별로 청력손실 형태가 다르므로 개인 청력 라우드니스(loudness)와 주파수별 특성을 조절할 수 있어야 한다. 이를 조정(fitting)이라 하는데 난청보상을 위해서 매우 중요한 절차이다. 난청인/고령인의 감성특성에 맞추기 위해서는 난청인/고령인의 감성특성에 대한 연구가 필요한데 이 분야의 연구는 시작단계에 있다. 본 개발품에는 사용자 조작성과 숫자버튼의 크기를 배려하였으며 평판형으로 디자인하여 안정감을 추구하였다.

2. 보청전화기 특성

난청인을 위해 개발한 본 전화기는 다음 세가지 특징을 중점대상으로 개발하였다. 첫째는 전화기에서 수신음량을 크게하고 주파수 대역별 음량보상을 조정할 수 있도록 하였다. 수신음량이 클수록 듣는 소리는 커지지만 음성 명료도가 반드시 좋아지는 것이 아니므로 수신음성의 명료도 향상과 개인의 청력특성에 적절하도록 조정하기 위하여 음성대역을 4개의 밴드로 나누었다. 신호처리대역을 1개 밴드로 처리하는 것 보다 2개 밴드로 처리하는 것이 개인특성에 대한 조정이 우수하고 급격한 신호변화에 대한 대응이 우수하지만 밴드 수를 늘리면서 밴드별 증폭도를 다르게 할 경우 스펙트럼의 평탄화(flaten)현상이 생기고 하드웨어의 부담이 가중된다. 신호처리 밴드를 몇 개로 나눌것인가 하는 문제도 많이 연구되고 있는데 일반적으로 2~4개밴드가 신호처리 부담과 효과면에서 효율적이라고 발표되고 있다[11]. 본 전화기에서는 4개 밴드로 분할하고 각 밴드의 중심주파수는 심리음성학적 요소 [13]와 전화라인의 특성을 고려하여 500, 1000, 2000, 3000 Hz로 정하였으며 전체 최대이득은 20 dB이상 되도록 하였다. 고도 난청인을 위해 수신소리의 증폭이득을

크게 할수록 좋지만 하울링(howling)현상으로 인해 현실적으로 제약을 가질수 밖에 없다. 두 번째 특징은 하울링을 억제할 수 있도록 설계하였다. 일반적으로 전화기 본체는 국선라인과의 연결은 2선으로 되고 사용자쪽 연결인 송수화기와는 4라인으로 연결되므로 자신의 발소리가 음성칩을 통해 회로적으로 또한 송수화기를 통해 공간적으로 피드백된다. 그러므로 특별한 신호처리를 않으면 음성칩에 정해진 일정량(보통28dB내외)의 피드백을 억제시킬 수 없다. 본 전화기에서도 송수화기 셋트내의 스피커의 고출력이 송수화기 마이크로 피드백 되는 것을 억제하기 위하여 DSP를 채용하여 측음(sidetone)을 줄였다. 그림 1에서 보듯이 음성부(speech network)에 입력되는 소리는 국선을 통해서 송신되고 동시에 송수화기 방향으로도 전달되는데 곧바로 송수화기 스피커로 송출되거나 밴드분할되어 증폭되고 DSP를 거쳐서 송수화기 스피커로 출력된다. 릴레이는 두 경로 중 하나의 경로만을 연결한다. 소리보상 기능에 대한 On/Off 스위치를 설치하여 소리보상 기능 Off시나 정전시에는 경로 1을 연결하고 소리보상 기능 On시에는 경로 2를 연결한다. DSP부에서는 보상기능 On시 코덱(Codec)을 통해 송신, 수신되는 신호의 스펙트럼을 시간지연을 고려하여 스펙트럼 특징을 비교하는데 코덱을 통과하는 송수신 신호간의 스펙트럼 상관관계가 커지면 하울링으로 판단하고 DSP를 통한 송수신 경로의 이득을 줄여서 피드백을 억제한다. 그림 2에 피드백 억제에 대한 블록도를 나타내었다.

세 번째로 개발에 고려한 사항은 감음성 난청인의 특성인 청력 라우드니스(loudness)의 보충(recruit)현상인데 이는 본 논문의 2-2절에서 언급한 바와 같이 난청인의 청력 동적범위(dynamic range)가 정상인에 비해 작아지는 현상으로 이에 대한 보상은 작은 소리는 많이 증폭하고 큰소리는 적게 증폭하도록 하였다. 부수적으로 보청기 착용자를 위하여 수화기 셋트에 T(Telecoil)코일을 추가하여 자장에 의한 소리 픽업이 가능하도록 하여 보청기를

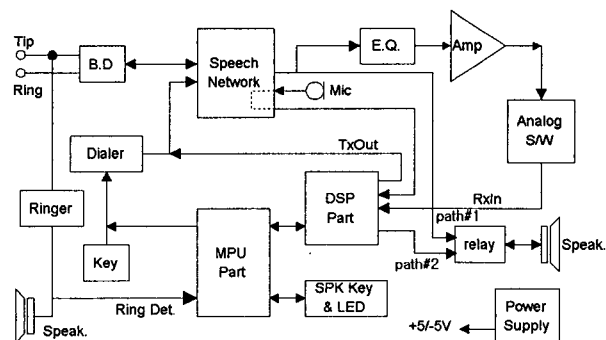


그림 1. 보청기능 전화기 블록도
Fig. 1. Block diagram of hearing aid telephone

이상민 외 : 난청인의 통화 청취도 향상을 위한 전화기 개발

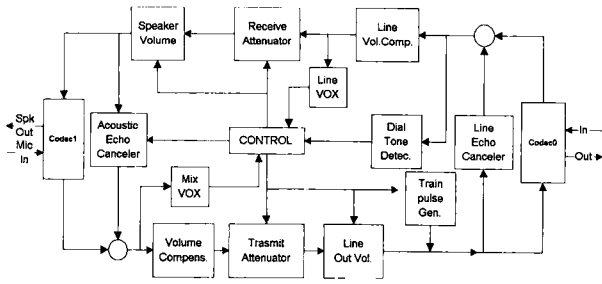


그림 2. 피드백 억제 블록도
Fig. 2. Block diagram of feedback suppression

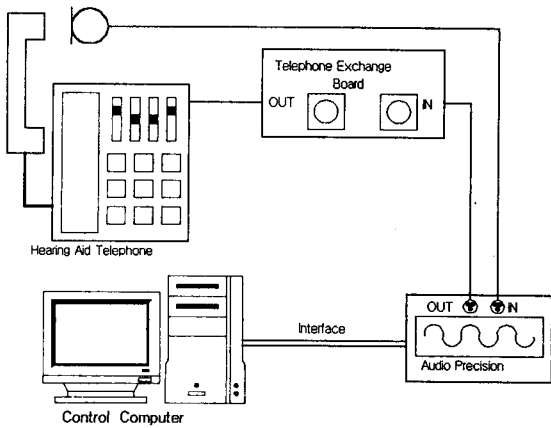


그림 3. 전기적 시험 블록도
Fig. 3. Block diagram of electrical test

착용한 상태로 수월한 전화통화를 하도록 개발하였다. 전원공급을 위한 별도의 전원 공급기를 사용하였는데 정전을 대비하여 전원 공급기가 없을 경우에는 일반전화기처럼 동작하도록 개발하였다.

시험 및 고찰

1. 시험방법

개발된 전화기의 유용성을 평가하기 위하여 전기적 시험, 단어 인지도 시험, 사용자 시험으로 세분화하여 평가 시험을 수행하였다. 전기적 시험에서는 전화 수신소리의 이득, 필터특성, 신호대 잡음비, 왜곡율을 일반전화기와 비교 시험함으로써 개발된 전화기가 어느 정도 차별화되었는지 수치적으로 확인하였다. 전기적 시험에 사용된 장비는 비앤케이사의 Audio Precision S1 시스템과 표준마이크, 제어용 컴퓨터, 전화 간이교환대이다. 시험 구성도를 그림 3에 나타내었다. 두 번째 시험으로서 단어 인지도 시험은 난청인을 대상으로 전화기를 통하여 전달되는 2음절과 1음절 단어에 대한 인지도를 시험, 평가하였다.

표 3. 시험에 사용한 2음절 단어

Table 3. Two syllable word data used word perception test

글씨, 하늘, 오빠, 외국, 통일, 불편, 방송, 계획, 사람, 친절 병원, 만족, 대답, 신문, 거울, 지금, 소원, 활동, 종류, 청년 필요, 마을, 세상, 고향, 생각, 의견, 물건, 약속, 교통, 장군 이때, 손님, 농촌, 나라, 행복, 관심, 국군, 동생, 정말, 안녕 기차, 담배, 싸움, 편지, 유명, 귀신, 둘째, 운동, 까닭, 건설
--

표 4. 시험에 사용한 1음절 단어

Table 4. One syllable word data used word perception test

귀, 힘, 눈, 맛, 숲, 잔, 국, 숨, 닭, 열 불, 남, 솟, 감, 옷, 들, 잣, 배, 침, 꿀 반, 멋, 키, 딸, 겁, 향, 법, 산, 곧, 짐 늑, 갈, 통, 삼, 뽕, 되, 폭, 선, 뜻, 명 은, 북, 짐, 밀, 싹, 버, 왕, 색, 물, 개
--

2음절, 1음절 단어표는 각각 표 3, 표 4와 같다. 이 시험은 의미있는 2음절 단어와 의미 연상이 약한 1음절 단어를 사용하는데 각각 일반전화기를 이용한 경우와 비교하여 어느 정도 향상된 결과를 보이는지 수치화 시켰다.

사용자 시험에서는 개발된 전화기를 난청인이 실제 생활에서 사용하여 본 후 배포된 설문서의 물음에 답함으로써 사용자들이 개발품의 성능을 직접 평가하였다. 설문서 질문 내용을 표 5에 정리하였다. 각 질문의 첫 번째 보기를 9점, 마지막 보기를 1점으로하여 설문서 각 항목에 대한 답변을 수치화 시켰다. 주로 음량과 음질에 대한 평가를 목적으로 하였으며 전체적인 디자인과 보완사항에 대해서도 설문조사 통해 개발품 평가를 하였다.

개발된 전화기는 일반전화기처럼 동작하는 모드(일반 모드)와 보청기능이 동작하는 모드(보청모드)로 동작할 수 있으며 보청모드에서는 4개 필터 이득을 각각 조절할 수 있다. 여기서 전화기의 동작상태에 대한 용어를 다음과 같이 정의하기로 한다.

- OFF 상태 - 일반모드에서 동작하는 상태
- ON 상태 - 보청모드 동작상태
- HIGH 상태 - 보청모드 동작이며 4개 밴드의 이득 조절 볼륨이 모두 HIGH인 상태
- LOW 상태 - 보청모드 동작이며 4개 밴드의 이득 조절 볼륨이 모두 LOW인 상태

표 5. 보청기능 전화기 사용에 대한 질문

Table 5. Questions about using the hearing aid telephone

I. 음질면에서...	
1. 음량(소리)의 크기는 충분히 크다고 느끼십니까?	크다 조금크다 보통 조금작다 작다
2. 음색조절기능(주파수조정) 사용시 일반전화기보다 잘 들리십니까?	잘들림 같다 안들림
3. 음질은 일반전화기와 비교하여 깨끗합니까?	깨끗하다 같다 깨끗치 못함
II. 사용자 편리성면에서...	
4. 음색특성조정(주파수조정)이 용이하십니까?	쉽다 보통이다 어렵다
5. 전화번호 메모리가 3개 있는데 몇개가 적당하다고 생각하십니까?	9개 8개 7개 6개 5개 4개 3개 2개 1개
III. 디자인면에서...	
6. 전체적인 디자인은 어떻습니까?	좋다 보통이다 나쁘다
7. 숫자 버튼의 크기 및 디자인은 어떻습니까?	좋다 보통이다 나쁘다
8. 주파수버튼의 크기 및 디자인은 어떻습니까?	좋다 보통이다 나쁘다
IV. 전체적으로...	
9. 추가되거나 개선되어야할 사항이 있다면 상세히 적어주십시오.	

표 6. 전기적인 시험결과

Table 6. The result of electrical test

시 험 항 목	OFF 상태	LOW 상태	HIGH 상태	일반전화기
상대이득 [dB]	0(기준)	-8~-4	20~25	-2~0
신호대 잡음비 [dB]	23~27	23~27	40~48	20~25
왜 곡 율 [%]	9~17	5~10	15~21	8~15

2. 시험결과

1) 전기적 시험결과

음량과 음질에 대한 객관적 시험으로서 이득특성, 신호대 잡음비, 왜곡시험을 행하였다. 주파수 300~3000Hz대에서 LOW 상태에 대한 HIGH 상태의 전체적인 이득은 20~30dB 이다. 중심주파수 2000, 3000Hz 대의 필터이득이 500, 1000Hz대의 이득보다 3~10dB 정도 낮고 3000Hz대 필터이득이 전화선로 특성상 4000Hz 부근에서 급격히 떨어졌다. 전화통신이 일상회화 자모음 주파수 분포의 특성을 고려하여 4000Hz 이하로 대역폭을 제한하고 있기 때문이다. 그림 3에 입력조건이 입력단 -10dBm (0.1mW), 정현파, 주파수 범위 20~8000Hz인 경우에 대한 전화기 각 상태의 이득 특성을 나타내었다. 신호대 잡

음비는 입력-10dBm(1KHz, 정현파) 기준으로 OFF 상태에서는 23~27dB, LOW 상태는 23~27dB, HIGH 상태는 40~48dB로 나타났다. 왜곡에 대한 시험결과 입력 레벨 -10dBm에서 왜곡율은 OFF 상태에서는 9~17%, LOW 상태는 5~10%, HIGH 상태는 15~21%이다. 그림 4에 신호대 잡음비, 그림 5에 왜곡특성의 예를 나타내었으며 위에서 기술한 전기적시험 결과를 표 6에 요약하였다.

2) 단어 인지도 시험 결과

삼성의료원의 청력검사 시설을 이용하여 청력검사용 2음절과 1음절 단어에 대한 단어 인지도 시험을 난청인 5인을 대상으로 수행하였다. 1음절과 2음절을 비교하면 같은 소리크기에서 인식율이 2음절의 경우가 OFF, ON상태 모두 높았다. 이는 의미를 갖는 단어의 경우 유추를 통해

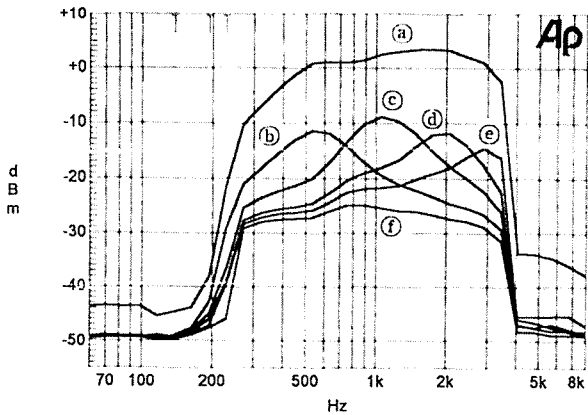


그림 4. 개발된 전화기의 이득특성-(a)HIGH 상태 (b)첫번째 필터만 HIGH 상태 (c)두번째 필터만 HIGH 상태 (d)세번째 필터만 HIGH 상태 (e)네번째 필터만 HIGH 상태 (f)LOW 상태
 Fig. 4. Gain characteristic of the hearing aid telephone (a)HIGH state (b)first filter only HIGH state (c)second filter only HIGH state (d)third filter only HIGH state (e)fourth filter only HIGH state (f)LOW state

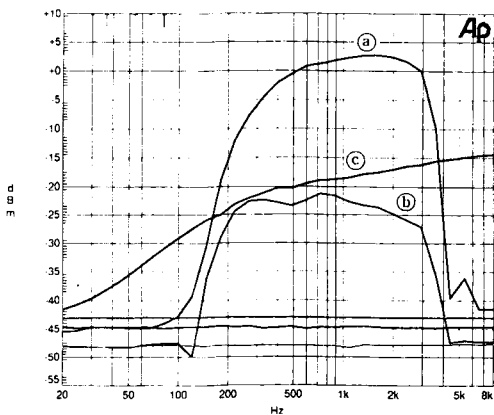


그림 5. 개발된 전화기의 신호대 잡음비 특성-(a)HIGH 상태 (b)LOW 상태 (c)OFF 상태
 Fig. 5. Signal-to-noise ratio of the hearing aid telephone - (a)HIGH state (b)LOW state (c)OFF state

상당 부분을 인식할 수 있음을 나타내며 문장의 경우는 유추부분이 더욱 많아질 것이라고 판단된다. OFF상태에 대한 ON상태에서 인식율 향상 측면에서 관찰하면 2음절 단어의 경우 ON상태시 평균 4 % 향상된 결과를 보였으며 1음절의 경우는 9.6% 향상된 결과를 얻었다. 즉 소리의 크기와 명료도가 향상됨으로써 의미있는 2음절의 인식 향상 보다 무의미 1음절 인식이 더 향상된 결과를 보였다.

3) 사용자 시험

10명의 난청인과 관련인들에게 일정기간 사용하여 본 후 수신크기, ON 상태동작 만족도, 음질, 사용자 편리성 등의 9개항목에 대해서 설문조사를 하였다. 표 8에 각 설

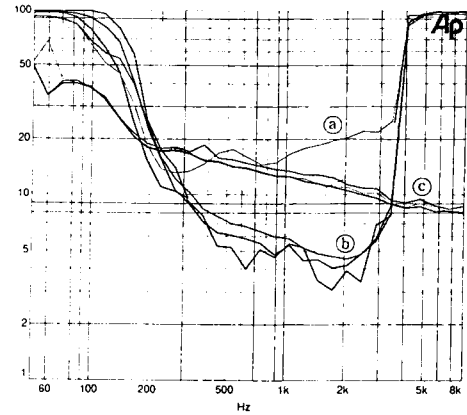


그림 6. 개발된 전화기의 왜곡특성 - (a)HIGH 상태 (b) LOW 상태 (c)OFF 상태
 Fig. 6. Distortion of the hearing aid telephone - (a)HIGH state (b)LOW state (c)OFF state

문내용에 대한 평가를 정리하였다. 각 문항은 9점을 최고 점수로 좋은 평가시(표 5의 각 질문의 왼쪽 보기) 9점, 나쁜 평가시(표 5의 각 질문의 오른쪽 보기) 1점으로 수치화 시켰다. 즉 1번 항목 ‘음량의 크기는 충분히 크다’라는 물음에 대한 대답평균은 7.8점(크다와 조금크다 사이)이었다. ‘음색조절시 일반전화기보다 잘 들리는가’ 하는 질문에는 8점(잘들린다)을 받았다. 사용자 시험결과 음량증폭으로 인하여 사용자가 기존 전화기보다 수신소리를 크게 들을 수 있으며 비교적 쉽게 자신의 귀에 맞게 주파수별로 소리를 조절함으로써 자신의 청력손실을 보상하며 전화통화를 할 수 있었다. 전기적 시험, 단어 인지도 시험의 결과와 비교할 때 사용자 시험결과는 상대적으로 좋은 평가를 받았다고 여겨지는데 그 이유는 시험자들이 스스로 느끼는 보청전화기의 필요성과 보청전화기 개발에 대한 호의적 평가때문이라고 판단된다.

표 7. 단어 인지도 시험결과

Table 7. The result of word perception test

	2음절 인식율(%)		1음절 인식율(%)	
	OFF 상태	ON 상태	OFF 상태	ON 상태
난청인1	80	88	58	64
난청인2	86	88	66	76
난청인3	84	86	76	86
난청인4	82	86	60	66
난청인5	80	84	58	74
평균	82.4	86.4	63.6	73.2

표 8. 사용자 시험결과

Table 8. The result of user test

설문 항목	1	2	3	4	5	6	7	8	9
평균 점수	7.8	8.0	5.5	7.8	6.5	5.1	7.0	7.5	-

결 론

재활공학에서는 시험평가지 개개인에 의한 주관적 평가를 다수에게 적용 가능한 평가지수로 도출하기 위하여 많은 사례별 시험을 통하여 통계적인 방법으로 객관시켜야 하는데 청력의 임상시험에 있어서 같은소리에 대한 느낌과 만족도가 사람마다 다르고 동일인이라도 시기, 환경에 따라서 다소 다르게 판정하기 때문에 사용자의 청력특성에 적합하도록 음을 증폭시키고 음의 특성을 조정(fitting)하여 사용자가 만족감을 느끼게 하기는 사실 대단히 어렵다.

개발된 전화기는 일반전화기와 비교할 때 이득, 필터특성, 신호대 잡음비는 좋은 결과를 보였으나 왜곡은 약간 나빠진 결과를 보였다. 단어 인지도 시험결과는 2음절, 1음절의 경우 각각 4%, 9.6% 인식율 향상을 보였다. 또한 사용자 시험은 비교적 좋은 점수를 받음으로써 사용자 만족도면에서도 일반전화기보다 차별화된 평가를 받았다. 정밀한 평가, 분석을 위해서 단어 인지도 시험과 사용자 시험의 경우 난청 유형별로 더 많은 사람을 통한 평가가 이루어져야 하며 시험시 각 사용자의 청력특성에 맞도록 충분하고, 정확한 조정(fitting)지수 설정이 선행되어야 한다.

향후과제로는 하울링 없는 고증폭을 통하여 고도 난청 인도 충분한 음량을 청취할 수 있도록 하며 주파수대역 분할연구, 주파수별 심리음성학적 라우드니스(loudness) 보상을 위한 자동이득조절에 대한 연구를 통해 사용자 개개의 청력 특성에 거부감 없이 잘 맞는 정밀한 조정이 가능하도록 하며 디자인 및 감성적 면에서 감성공학 요소가 도입된 고령인 및 난청인을 위한 사용자 인터페이스 연구가 필요하다.

참 고 문 헌

1. 허승덕, 보청기 지식, 동아대학병원, 1994.

2. Harry Levitt, "Digital hearing aids: A tutorial review", Journal of Rehabilitation Research and Development, vol. 24, no. 4, pp.7-20, 1987.

3. 尾野湓夫 外, "デジタル補聴器の現と将来", 日本音響學會志, 47卷 10, pp.778-784, 1991.

4. 한국장애자 복지회, 청각장애인 정보통신관련 욕구조사 보고서, 청각장애인 정보통신 재활 심포지엄, pp.69-114, 1996.

5. 정기원 외, 1995년도 장애인실태조사, 한국보건사회연구원, 1996.

6. Hary Levitt, etc, "Signal processing for hearing impairment", Scand Audiol. Suppl. 38., pp.7-19, 1993.

7. Birger Kollmeier, etc, "Real-time multiband dynamic compression and noise reduction for binaural hearing aids", J. of Rehabilitation Research and Development, vol. 30 no. 1, pp.82-94, 1993.

8. Norbert Dillier, etc, "Digital signal processing application for multiband loudness correction digital hearing aids and cochlear implants", J. of Rehabilitation Research and Development, vol. 30 no. 1, pp.95-109, 1993.

9. 강경옥 외, "전음성 청각장애인용 골도전화기 개발 및 성능 평가", 한국음향학회지, 제14권, 제2호, pp.113-122, 1995.

10. 강성훈 외, "장애인 및 고령인을 위한 복지통신단말", 전자공학회지, 20권, 8호, pp.58-64, 1993.

11. 鈴木陽一 外, "デジタル補聴器のための信處理とエレクトロニクス", BME, vol.7, no.7, pp.37-45, 1993.

12. H. Tender, "Hearing aid-telephone compatibility: past, present, future", Hearing Instrument, vol 34, pp.22-28, 1983.

13. E. Zwicker, Psychoacoustics. pp.133-155, Springer-verlag, New York; 1982.

=국문초록=

청력장애인이 전화(電話)상의 말에 대한 청취력을 향상시킬수 있는 보청기능이 있는 전화기를 개발하였다. 최근 청력장애인이 늘어나고 있으며 생산자로서의 사회참여 욕구 또한 늘어나고 있는데 이들은 자신의 핸디캡(handicap)을 배워줄 보조기기를 강력히 원하고 있다. 보청기능 전화기는 음성으로써 외부 정보를 획득할 수 있는 기본적인 통신 보조기기의 한 형태이다. 본 연구팀은 청력장애인의 청력특성을 분석하고 전화기에 청력 보상법을 적용함으로써 보청기능이 있는 새로운 모델의 전화기를 개발하였고 3가지 분야의 시험(전기적 시험, 단어 인지도 시험, 사용자 시험)을 수행하여 이 전화기의 유용성을 평가하였다. 새 전화기는 4개의 대역통과필터를 가지고 있으며 각 밴드의 중심주파수는 전화라인의 특성과 심리음향학적인 특성을 고려하여 500, 1000, 2000, 3000 Hz로 설정하였다. 청력장애인은 전화기의 증폭특성을 자신의 청력에 맞도록 피팅(fitting)할 수 있다. 즉 자신의 손실된 청력을 잘 보상하도록 4개 필터 밴드에 대한 볼륨조절을 개별적으로 조정할 수 있다. 전화기의 전체 이득은 250~3200Hz 대역내에서 20dB 이상이다. 시험결과 새 모델의 전화기가 기존의 전화기보다 청력장애인의 전화음성 이해도를 향상시킨다고 증명되었다. 향후 측음 및 잡음 억제, 주파수 대역분리, 청력패턴 보상과 심리음향적 라우드니스(loudness) 보상에 대한 연구가 필요하며 공학과 임상 분야에서의 청력장애인의 언어 인지특성 연구를 통하여 더욱 발전된 전화기가 개발될 수 있다고 판단된다.