

## 난청인을 위한 전화기 음성증폭 및 하울링 억제

이상민

삼성종합기술원 의료기기연구팀  
(1998년 10월 30일 접수, 1999년 1월 6일 채택)

### Amplification and Howling Suppression of Telephonic Speech for the Hearing-Impaired Person

S.M. Lee

Biomedical Engineering Research Center, Samsung Advanced Institute of Technology  
(Received October 30, 1998, Accepted January 6, 1999)

**요약** : 일반전화기로 통화가 어려운 난청인에게 충분한 수신음량을 공급하기 위해서는 큰 증폭이 필요한데 큰 증폭은 하울링(howling)을 발생시킨다. 본 연구에서는 소리를 크게 증폭하면서 하울링을 억제하는 새로운 방법을 제안하고 이를 적용한 보청전화기를 개발하여 평가하였다. 통화수신 음성은 3개의 밴드로 나뉘어져 각각 독립적으로 증폭되어 난청인의 청력에 알맞게 적합(fitting)된다. 수신음성의 주파수는 카운터에 의하여 시간영역에서 모니터링되는데 카운터부는 비교기를 이용하여 수신 정현파를 구형파로 변환시키고 시간영역에서 구형파 수를 계수함으로써 주파수를 분석하여 하울링이 발생하는가를 판단한다. 전화기는 송수화기 구조가 결정되어 있고 송수신 주파수 범위가 제한되어 있으므로 하울링 또한 일정 주파수 범위내 발생하게 된다. 계수기에 의해 하울링이 검출되면 중앙제어부는 해당대역의 증폭도를 빠르게 낮춤으로써 하울링을 억제시킨다. 시험 결과 개발전화기는 하울링 없이 40dB 이상 증폭할 수 있으며 중고도 난청인의 어음인지력이 1음절어의 경우는 20%에서 60.8%로, 2음절어의 경우는 28.9%에서 78%로 향상되는 탁월한 개선 효과를 보였다.

**Abstract** : To provide sufficient sound to the hearing-impaired person(HIP) who have many difficulty in communication with others using general telephone, big amplification is needed. But big amplification can occur howling as a side effect. In this study we developed the new technique of big amplification without howling, manufactured and estimated the new hearing aid telephone. Telephone speech is divided to three frequency band, amplified respectively and fitted to HIP's hearing ability. The telephone speech frequency is monitored by counter in time domain. The counter transfers the sinusoidal sound to rectangular wave using comparator and counts the number of rectangular wave in a certain time period, that is frequency, to monitor the howling. Telephone have microphone and speaker, which are fitted in a rigid structure and frequency band of telephone sound is limited, so howling occurs in the limited frequency band. If the counter notices that howling conditions happen, microprocessor decreases quickly the gain of the related frequency band. The result of test of our new hearing aid telephone showed that we can amplify the sound as much as 40dB, which is meaningful level to many HIP, and make HIP increase their perception ability from 20% to 60.8% in 1 syllable test and from 28.9% to 78% in 2 syllable test.

**Key words** : Hearing impairment, Hearing aid telephone, Howling suppression.

## 서론

현재 우리나라의 청각장애인은 36만명에 이르는 것으로 파악

되고 있는데, 인구가 고령화에 되어감에 따라 노인성 난청인의 증가로 청각장애인의 수는 점점 늘어가고 있는 추세이다[1]. 청각 관련 연구는 많은 진전이 있었으며[2,3], 최근에는 신호처리 기술의 발달로 보청기에 대한 연구가 많이 진전되어[4-7] 90년대 후반부터는 소형 디지털 보청기가 개발, 판매되고 있다. 반면에 난청보상을 위한 전화통화에 대한 연구는 아직 미비한 실정

통신저자 : 이상민, (440-600) 수원우체국 사서함 111  
삼성종합기술원 의료기기연구팀,  
Tel. (0331)280-6529, Fax. (0331)280-9208

인데[8-10], 이는 복지통신의 개념이 정착한지 얼마 되지 않았고 그 시작이 단말기보다는 서비스차원에서 시작되었기 때문이라고 생각된다.

선진국의 경우 일찍부터 고령인 및 청각장애인이 증가함에 따라 청각장애인을 위한 통신복지가 법적으로 제정되고 관련 제품이 개발되어 왔다. 미국의 경우 1963년 농아인 물리학자 로버트 웨이브레츠 박사가 전화모양의 텔레프린터와 함께 사용할 수 있는 모뎀을 개발하여 사용하면서 TTD(Telecommunication Devices for the Deaf)나 TTY(Text Telephones)등이 개발되기 시작하였다. 미국 정부는 1982년 장애인 통신법(Telecommunication for the Disabled Act)을 통해 공공시설에 설치되는 전화기에 대해 보청기 이용자들도 사용할 수 있도록 보청기 호환성 기능을 의무화시켰고 1988년의 보청기 호환법(the Hearing Aid Compatibility Act)에서는 미국 내에서 제조 혹은 미국 내로 수입되는 모든 전화기는 보청기 사용이 가능하도록 강화시켰다. 1990년의 ADA법(The Americans with Disabilities Act of 1990)에서 모든 기간통신 사업자에게 청각 및 언어장애인을 대상으로 한 통신중계서비스(Telecommunication Relay Services:TRS)의 제공을 의무화시켰다. 프랑스의 경우 농아인을 위해 음성과 문자 통화가 가능한 미니텔 다이얼로그(Minitel Dialogue) 전자통신 3만회선이 설치되고 단말기가 650만대 보급되어 있고 독일의 경우 스크린과 키보드가 달린 규격전화기가 약 8천대 보급되어 있으며 그 이외에 덴마크, 핀란드, 스웨덴, 영국 등 많은 나라들에서도 난청인을 위한 특수 전화단말기가 보급되어 있다[11,12].

우리나라의 경우 1993년을 시점으로 전화회선이 2천만 회선을 돌파하여 1가구 2전화 시대로 접어들었는데 최근에 난청은 더 이상 장애일 수 없다는 인식의 전환 속에 복지통신에 대한 관심이 높아지고 상황에서 정보통신부는 전화기에 보청기 호환 기능 부가를 의무화하는 내용의 보청기 호환성 기준을 1997년 제정하고 1998년내에 시행하려 하고 있다. 난청인을 위한 국내 통신단말기 업체의 개발현황을 살펴보면 난청인의 청력을 보상해주는 전화기로는 삼성전자의 고출력전화기(SP-F114), 대우통신의 골도전화기(TC106) 등이 있으며 삼성전자, LG정보통신, 한세텔레콤 등 여러 회사들이 문자통신용 전화기를 개발하고 있다[11,13]. 삼성전자의 고출력전화기 이퀄라이저폰(SP-F114)은 난청인의 손상된 청력 특성에 맞게 주파수별 증폭도를 조절하는 기능이 있는 전화기로서 일반전화기에 비해 20dB이상 증폭이 가능하여 20~40dBspl(Sound Pressure Level)의 청력손실이 있는 중도난청인에게 알맞는 전화기이며 핸드셋에 보청기 호환기능이 있어 보청기를 착용한 상태로 자기장을 이용하여 전화통화할 수 있도록 개발되었으며 소리증폭시 생기는 잡음증폭을 억제하고 소리의 선명도를 개선한 제품이다. 대우의 골도전화기(TC106)는 대우전자가 한국전자통신연구원으로부터 기술을 이전 받아 개발한 것으로 핸드셋에 골도 진동자를 장착하여 골전도를 이용하여 소리를 전달하는데 이 전화기는 청각기관 중

내이와 청각 신경이 살아있는 외이와 고막이 손상된 전음성(傳音性) 난청인에게 효과가 있는 전화기이나 그 대상층이 제한적이다.

일반적으로 전화기는 외부적으로는 2라인을 통하여 소리를 전달하고 내부적으로는 송신경로 2라인, 수신경로 2라인으로 분리되는데 이 과정에서 송신경로, 수신경로간의 소리가 커플링(coupling)되며 경로간의 소리가 피드백(feedback)이 생기면서 하울링이 발생하게 된다. 즉 전화기에서 수신음량을 크게 하면 수화기를 통해서 소리를 크게 잘 들을 수 있으나 일정한 크기를 넘어서면 상기와 같은 피드백이 일어나므로 하울링(howling)이 발생한다. 그러므로 현재 각 전화기 제조업체들은 하울링이 발생하지 않는 범위 내에서 수신음량의 크기를 제한하고 있는데 본 연구에서는 난청인을 위한 전화기 개발에서 수신음량을 증폭시키며 부수적으로 발생하는 하울링을 억제하는 방법과 장치에 대하여 논의하였다.

### 소리증폭 및 하울링 억제 방법

현재의 일반 전화기는 각 제조회사마다 차이는 있으나 소리를 수신하는 수신당량(受信當量)이 -10~10dB로서 청력손실이 없거나 손실정도가 미약한 사람들이 통화하는데 충분한 음량을 전달하고 있으며 10~30dBspl정도의 청력 손실이 있는 난청인들도 대부분 조용한 곳에서는 전화통화가 가능하다. 그러나 난청현상이 심각하게 자각되는 40dBspl이상의 손실을 가진 난청인에게에는 수신되는 소리크기가 미약하며 손실이 50dBspl 이상인 난청인에게에는 정상적인 전화통화가 거의 불가능하다[8]. 현재 시판되고 있는 난청보상을 위한 고출력전화기의 경우 대개 그 증폭도가 20dB 안팎으로서 증폭율이 다소 모자라는 수준이다. 청신경이 생존하여 있는 경우 골전도를 이용하는 골도전화기를 사용할 수 있으나 이 전화기는 고막이나 중이에 손상을 입은 사람이 대상으로서 기도손실 40dBspl 이상의 난청인에게에는 역시 적합치 못한 전화기라고 판단되며 고막이나 중이의 손상은 의학적 수술로서 극복될 수 있으므로 고령화 사회에서 대부분의 난청인들이 보이는 와우각 청세포나 청신경의 손상으로 인한 노인성 난청을 보상하기 위한 전화기가 필요하다. 따라서 본 연구에서는 현재의 전화기로는 보상되지 못하는 40~70dBspl 정도 손실의 중고도 난청에 대한 보상을 목표로 개발하였다. 소리인식은 소리의 크기 뿐만아니라 선명도에 의해서도 큰 영향을 받는다. 특히 난청인의 경우 소리의 선명도와 자기청력에 맞는 증폭유형은 소리인식에 제일 큰 요소이다. 본 연구에서는 수신신호를 3개의 대역으로 나누어 각각 증폭도를 달리하여 난청인 청력에 맞추는 방법과 하울링억제 방법을 개발하였다. 전화기에서 수신 소리의 증폭은 전화기 원리상 하울링 발생으로 이어지는데 소리 증폭의 전제조건은 하울링이 없어야 한다는 것이다. 전화기에서 하울링을 없애는 기존의 방법에 대하여 기술하면 다음의 세 가지로 나눌 수 있는데 첫째는 전화기 내부의 수신신호 경로 상에

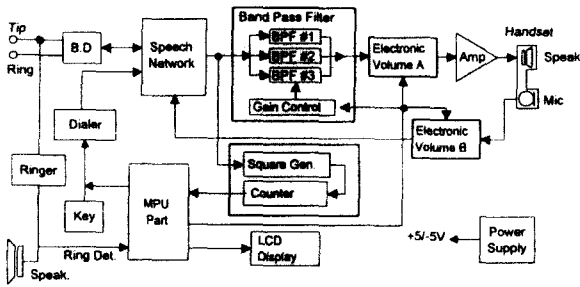


그림 1. 개발된 보청전화기 하드웨어 블록도  
Fig. 1. Block diagram of the developed hearing aid telephone

미리 일정한 레벨을 설정하여 놓고 소리가 그 이상 커지면 하울링이라고 판단하여 수신신호 경로상의 전달음량 크기를 줄여서 하울링을 제거하는 방법이다[14]. 둘째는 전화기 내부의 송신과 수신경로 상의 신호레벨을 감지하고 상관관계로서 크기를 비교하여 일정한 차이가 나지 않을 경우 하울링이라고 판단하여 수신음량을 줄인다[15]. 셋째는 전화기 내부의 음성칩을 경유하여 송신되고 수신되는 신호를 각각 주파수 영역에서 스펙트럼 분석하여 스펙트럼 특성이 같아지면 신호가 피드백되고 있다고 판단하여 수신음량을 줄인다[16]. 위와 같은 방법의 경우 첫 번째와 두 번째의 방법은 결국 전화기의 회로상 그리고 송수화기 구조물의 음향적 특성상 이미 정해진 일정한 수신음량 이하로 수신음량의 크기를 제한하는 방법으로서 수신음량을 크게 키울 수 없으며 셋째 방법의 경우는 소리신호를 주파수영역에서 처리하므로 송신, 수신되는 소리신호를 주파수영역의 신호로 변환하여야 하는 복잡한 신호처리과정을 거치게 되므로 시간이 많이 소모하게 됨으로써 주파수 영역에서 처리를 위한 전용 신호처리칩을 사용하여야 한다. 종래 기술의 단점인 낮은 증폭도를 높이면 주파수변환으로의 신호처리 시간과 하드웨어의 부담을 최소화시키기 위하여 시간영역에서 수신음량을 증폭시키면서 하울링을 검출하고 억제시킬 수 있는 간단하고 효과적인 알고리즘을 개발하였다. 또한 하울링 검출을 위한 신호 모니터링을 수신경로상의 신호만을 분석함으로써 신호처리를 간단히 하였다.

난청보상 전화기

그림 1에 개발전화기의 하드웨어 블록도를 나타내었다. 기존의 일반 전화기에 대역필터부, 계수부와 전자볼륨을 추가하여 구성하였는데 대역필터부는 수신되는 음성신호를 3개의 대역필터를 통과토록 하는데 대역폭은 심리음향적 요소를 고려하여 나누었으며 대역필터의 증폭도는 중앙제어장치에 의해서 각각 조절되어 사용자 각각의 청력에 맞는 증폭패턴을 가질수 있도록 하였다. 대역필터를 통과한 신호는 전자볼륨과 2차 증폭기에 의하여 사용자의 청력손실을 충분히 보상할 수 있는 소리크기로 2차 증폭된다. 전자볼륨은 2채널로 되어 있는데 다른 채널은 송수화기 마이크 경로상에 위치하여 피드백 현상이 하울링 억제기

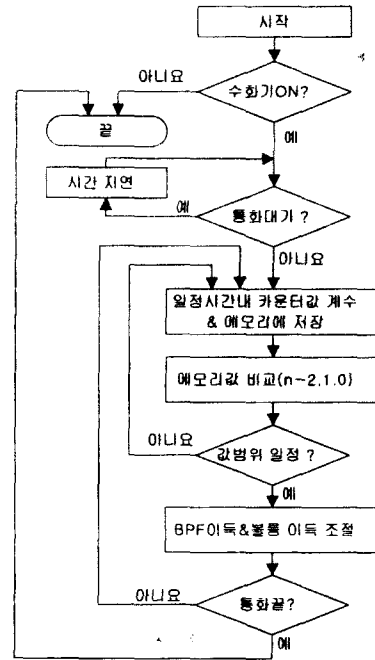


그림 2. 하울링 검출 및 억제 신호처리 흐름도  
Fig. 2. Flow chart of signal processing for howling detection and suppression

능을 넘어설 때 큰 감쇄를 줌으로써 하울링억제의 안전장치 역할을 한다. 계수부는 비교기와 계수기로 구성되어 있는데 정현파 신호를 구형파로 변화시키고 일정시간내 구형파 수를 계수하여 강한 일정한 주파수 성분이 계속 경로상에 존재하는가를 판단하게 한다. 그림 2에 하울링 검출 및 억제에 대한 신호처리 흐름도를 나타내었다.

구형파는 중앙제어장치에 계속 입력되고 계수되어지는데 만약 수화기가 들려져있고 통화대기 상태가 아닌 경우에 하울링 대역대에 대응하는 계수값이 계속적으로 산출되면, 즉 일정시간 동안 동일한 계수값이 소정 횟수이상 계속 계산되면 중앙제어장치는 하울링이라고 판단하고 해당밴드의 증폭도를 하울링이 발생하지 않는 정도까지 계속 감소시킨다. 이때 일정시간 기간을 짧게 책정하여 사용자가 하울링에 대한 거부반응이 생기기 전에 해당 대역필터의 증폭도를 감소시켜서 하울링을 없앤다. 하울링을 듣고 난 후 하울링을 인지하기까지의 시간은 사람마다 다르지만 심리음향학에서는 보통 20~40ms정도의 시간으로 알려져 있다[17]. 전화기에서의 발생하는 하울링은 전화를 통하여 송수신되는 신호의 주파수대역이 한정되어 있으며 핸드셋 구조에 따라 공간적 경로가 거의 일정하므로 피드백으로 인하여 발생하는 하울링 주파수는 대체적으로 일정한 주파수 대역 안에 존재한다. 그림 3에 개발전화기의 외관과 내부를 나타내었다.

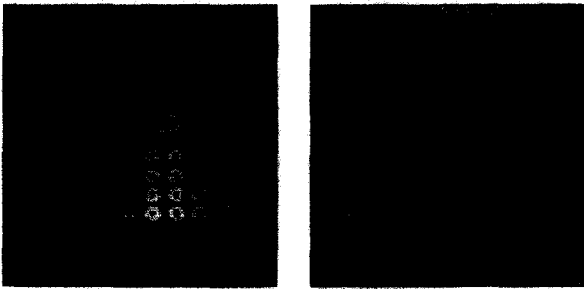


그림 3. 개발된 보청전화기 사진 (a)외관 (b)내부  
Fig. 3. The developed hearing aid telephone (a) outside (b) inside

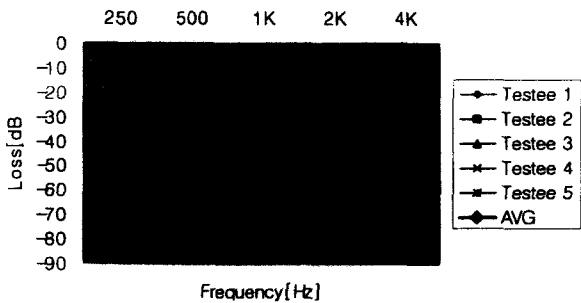


그림 4. 피시험자의 청력손실도  
Fig. 4. Hearing loss of testee

### 성능 평가

개발전화기에 대한 성능평가는 객관적 비교평가로서 전기적인 특성을 비교평가 하였고 주관적 평가로서 청각장애인을 상대로 1음절과 2음절어의 인지도 향상정도를 평가하였다. 객관적 평가 지표로는 증폭도, 신호대잡음비, 왜곡율을 파라미터로 설정하였으며 주관적 지표로는 단어인지도 향상율을 잡았다. 세부적인 시험절차는 다음과 같다.

#### 1. 임상 피시험자 선정

피시험자로는 언어교육을 받은 후 성인이 되어 청각장애가 발생하였으며 단어발성에 이상이 없는 사람 5명을 대상으로 선정하였다. 실험에 참가한 피시험자의 연령은 31~55세의 남자이고 청력손실은 45~62dB 범위로서 일반전화기로는 정상적인 전화통화가 거의 불가능한 사람들이었다. 그림 4에 피시험자들의 청력손실을 나타내었다.

#### 2. 시험방법

##### 1) 객관적 평가방법

시험방법에 대한 구성도를 그림 5에 나타내었다. 오디오대역 신호발생 및 계측기인 비엔케이사(B&K Co.)의 Audio Precision(System S1)의 출력을 전화 간이교환대를 통하여 개발전화

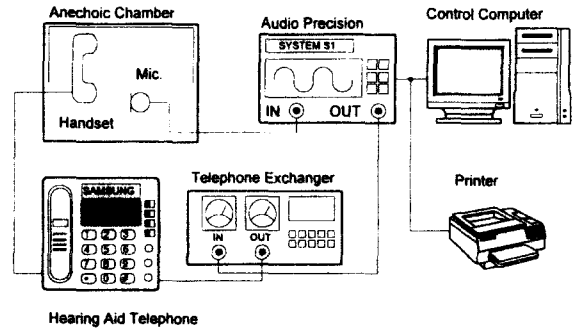


그림 5. 객관적 평가방법  
Fig. 5. Method of objective test

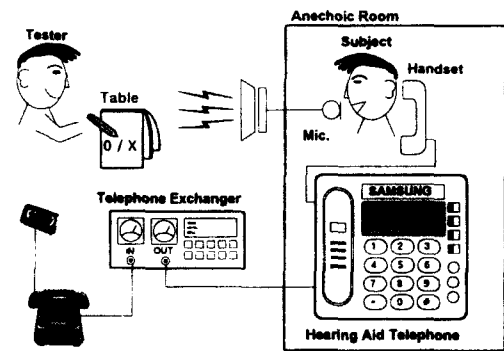


그림 6. 주관적 평가방법  
Fig. 8. Method of subjective test

기의 국선연결단자에 연결하고 송수화기의 출력을 무반향챔버(Anechoic chamber)에서 마이크로 입력되도록 하여 Audio Precision의 입력으로 받아들이고 이 데이터를 컴퓨터로 전송하여 분석한다. 시험에 사용한 입력신호는 전화통신의 실제상황을 고려하여 주파수범위 300~3400Hz, 입력단 크기 -10dBm(0.1mW), 정현파를 사용하였다.

##### 2) 주관적 평가방법

주관적 평가를 위해 단어 인지도 시험을 수행하였다. 피시험자들은 시험전에 순음듣기평가(Pure tone test)와 어음역치시험(Speech Reception Threshold Test, SRT)를 통하여 청력특성을 파악하고 개발전화기의 특성을 각 피시험자의 특성에 맞도록 설정하였다. 피시험자가 전화기를 통하여 들리는 소리를 듣고 따라 말하면 시험자는 피시험자가 올바르게 말하였는지를 확인한다. 개발전화기에 대하여 위 시험을 반복하여 일반전화기 경우와 인식정도를 비교하였다. 이때 서로 다른 단어표를 사용하여 피시험자의 기억에 의한 단어인식을 배제하였다. 시험에 사용된 어음표는 삼성의료원에서 사용하는 청력검사용 2음절과 1음절 어음표로서 표 1과 같다.

표 1. 주관적 시험에 사용한 단어

Table 1. Word data used subjective test

구분	단어
1음절	귀, 힘, 눈, 맛, 술, 잔, 국, 솥, 닭, 옆, 불, 남, 솥, 감, 옷, 들, 잣 배, 침, 꿀, 반, 멋, 키, 딸, 겁, 향, 밥, 산, 꿀, 짐, 녹, 팔, 통, 삼 뽕, 뒤, 폭, 설, 뜻, 명, 은, 북, 점, 밀, 싹, 버, 왕, 색, 물, 개
	혀, 독, 잠, 복, 운, 갓, 언, 남, 문, 곳, 숲, 종, 닭, 책, 맘, 셋, 망 걸, 알, 죽, 밤, 신, 널, 새, 꽃, 금, 흥, 뇌, 역, 명, 쌀, 벗, 코, 깃 발, 등, 질, 터, 땀, 실, 꺾, 붓, 맥, 일, 빼, 살, 몸, 풀, 봄, 끈
2음절	수도, 마포, 학교, 돼지, 접시, 바보, 노래, 천막, 약국, 전화 김치, 부채, 책상, 까치, 연기, 유리, 담배, 구두, 다리, 병원 우유, 오리, 이마, 모래, 도미, 과자, 기차, 부산, 전기, 바다 포로, 파리, 전차, 사과, 시계, 모자, 토끼, 새끼, 환자, 효도
	우표, 고추, 나비, 단추, 마늘, 반지, 사진, 자두, 참새, 콩팥 담정, 천지, 태양, 뿌리, 우산, 감자, 신문, 체비, 고래, 열매 탱자, 연필, 호박, 말뚝, 날개, 고개, 양복, 자산, 사슴, 바람 가위, 생선, 마차, 농부, 공장, 대포, 교회, 기름, 도마, 달래

표 2. 객관적 평가 결과

Table 2. Result of objective test

모델명	증폭도[dB]	신호대 잡음비[dB]	왜곡률[%]	처리대역[갓수]	비고
일반전화기	0	최대 27	최대 3	1	
개발전화기	최대 40	최대 30	최대 4.5	3	증폭도 가변

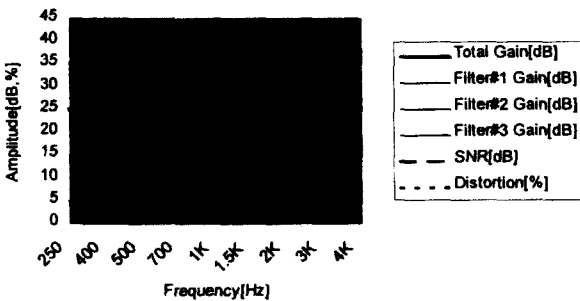


그림 7. 객관적 평가 세부결과

Fig. 7. Detail result of objective test

3. 시험결과 및 고찰

1) 객관적 평가 결과

주파수 300~3400Hz대에서 일반전화기에 비해 개발전화기의 최대이득은 40dB였다. 내부의 3개 필터의 중심주파수는 500, 1000, 2000Hz로서 각 밴드간 이득차는 20dB가 되도록 하여 사용자의 난청패턴에 잘 적용되도록 하였다. 신호대 잡음비는 볼륨 최대시 25~30dB로서 일반전화기 경우 20~27dB보다 3~5dB 정도 향상되었다. 왜곡에 대한 시험결과 왜곡율은 최대 4.5%로서 일반전화기 경우 3%에 비하여 다소 높아졌지만 주관적

평가에서도 알 수 있듯이 음질에는 별 영향을 주지는 못하였다. 표 2와 그림7에 전기적 시험 결과를 나타내었다.

2) 주관적 평가 결과

단어 인지도 시험결과, 전화기에 상관없이 같은 소리크기에서 인식율이 1음절어보다 2음절어의 경우가 높았는데 피시험자들이 언어교육을 받은 성인이라 단어에 대한 유추가 가능했기 때문으로 판단된다. 표 3에 시험결과를 정리하였는데 표 3에서 정답은 피시험자가 듣고 제대로 인식한 확률이고 오답은 피시험자가 듣고 말하였으나 발음이 비슷할 뿐 정확히 맞추지는 못한 경우이며 합은 이 두 가지를 합한 경우이다. 즉 피시험자 1의 일반전화기에 대한 1음절 시험에서 정답은 60%, 오답은 18%, 합은 78%이고 22%는 청취불가를 나타낸다. 이 피시험자가 개발전화기를 사용한 경우의 정답은 84%, 오답은 10%, 합은 94%로 정답률과 합률이 상승하였고 청취불가가 16% 줄어들었다. 전체적으로 개발전화기를 사용한 경우 일반전화기 사용할 때 보다 정답률이 1음절 시험과 2음절 시험에 대하여 각각 40.4%, 49.1% 향상이 되었다. 즉 일반전화기 사용할 때 20.4%, 28.9%였던 인식률이 60.8%, 78%로 향상되었는데 인식률이 60.8%, 78% 정도라는 것은 개발전화기를 통하여 정상적인 전화통화가 가능함을 의미한다. 1음절 시험의 경우 오답률이 증가하였는데 이것은 거의 안들리던 말들이 어느 정도 들리게 되면서 나타난 현상으로 파악되며 2음절의 경우는 확실하게 알아들으면서 오답

표 3. 주관적 평가 결과

Table 3. Result of subjective test

[단위 : %]

피시 험자	연령 (세)	청력 손실 [dB]	1음절 시험						2음절 시험					
			일반전화기 경우			개발전화기 경우			일반전화기 경우			개발전화기 경우		
			정답	오답	합	정답	오답	합	정답	오답	합	정답	오답	합
1	49	52	60	18	78	84	10	94	75	15	90	97.5	0	97.5
2	39	45	4	8	12	60	40	100	5	10	15	90	10	100
3	31	62	0	0	0	52	32	84	0	0	0	60	5	65
4	55	48	0	14	14	42	30	72	22.5	15	37.5	72.5	5	77.5
5	49	52	38	10	48	66	10	76	42	10	52	70	10	80
평균			20.4	10	30.4	60.8	24.4	85.2	28.9	10	38.9	78	6	84
향상도						40.4	14.4	54.8				49.1	-4	45.1

률이 줄어든 것으로 분석된다. 즉 정답과 오답의 합인 청취력 정도가 1음절과 2음절 시험에서 각각 30.4%, 38.9%이었던 것이 85.2%, 84%로 각각 54.8%, 45.1% 향상된 것도 매우 의미 있는 향상이라 판단된다.

결 론

본 전화기는 청력손실이 45~70dB정도 되는 난청인을 주대상으로 개발하였다. 시험결과 이 부류의 난청인들은 본 전화기를 통하여 49.1% 정도의 2음절 어음청취력 향상을 가져왔다. 보통 50% 정도의 단어인식이 되면 대화에 문제가 없다고 하는데 49.1%의 향상은 전혀 대화가 안되었던 사람이 대화가 가능한 상태가 됨을 의미한다. 특히 본 시험에서 청력손실이 62dB인 피시험자 3 경우는 일반전화기로는 전혀 단어인식을 할 수 없었는데 개발전화기를 사용하여 1음절 52%, 2음절 60%를 알아들을 수 있었다. 전화기에 있어서 소리증폭에 대한 제약조건은 하울링 발생인데 전화기에 있어서의 하울링은 송수화기 구조에 따라 일정밴드에서 발생하며 대역통과 필터를 설계할 때 이를 고려하여 주파수 대역 필터를 분할하면 말의 어음 성분 감소를 최소화시키면서 효과적으로 하울링을 제거할 수 있게 된다.

본 연구에서 개발한 소리증폭 및 하울링 억제 기술은 송수화기 모양이 일정하여 하울링 주파수가 일정한 대역에서 발생하는 각종 통신기에 간단히 적용할 수 있으리라 판단된다. 향후 마스킹(masking)효과 시간범위인 20msec 내에서 안정적으로 하울링을 판단할 수 있는 알고리즘을 개발하고 밴드폭이 좁고 신속하게 자동가변되는 노치필터(notch filter)를 개발하면 더욱 효과적인 보청전화기가 될 것이라고 판단된다. 보청의 경우 소리의 증폭과 더불어 신호대 잡음비 향상 같은 소리의 질이나 사용자 청력에 증폭특성을 맞추는 피팅(fitting)이 중요한 기술이므로 이 분야에 대한 연구도 계속되어야 한다. 보청기술이 아날로그에서 디지털화가 되어감에 따라 피팅기술이 발전하고 있으며 더욱 정밀한 피팅도 가능해지고 있다. 하울링 없는 고증폭을 통하여 고도 난청인도 충분한 음량을 청취할 수 있도록 하는 연

구는 실용적인 연구로서 가치가 더욱 있다고 판단되며 대상계층이 주로 노인이므로 디자인 및 감성공학적 요소가 도입된다면 더욱 값진 연구개발이 되리라 판단한다.

참 고 문 헌

1. 정기원 외, 1995년도 장애인실태조사, 한국보건사회연구원, 1996
2. M. H. Goldstein Jr., "Auditory periphery as speech signal processor", IEEE Engineering in medicine and biology, Vol. 13, No. 2, pp.186-196, 1994
3. M. L. Whitehead, B. B. Stagner, B. L. Lonsbury-martin, and G. K. Martin, "Measurement of otoacoustic emission for hearing assessment", IEEE Engineering in medicine and biology, Vol. 2, No. 2, pp.210-226, 1994
4. H. Levitt, "Digital hearing aids: A tutorial review", Journal of Rehabilitation Research and Development, Vol. 24, No. 4, pp.7-20, 1987
5. 尾野溢夫 外, "디지털補聽器의 現況 と 將來", 日本音響學會志, 第47卷, 第10號, pp.778-784, 1991
6. 鈴木陽一 外, "디지털補聽器のための 信 處理と エレ クロニクス", BME, Vol.7, No.7, pp.37-45, 1993
7. N. 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
8. H. Tender, "Hearing aid-telephone compatibility: past, present, future", Hearing Instrument, Vol 34, pp.22-28, 1983
9. 강경옥 외, "전음성 청각장애이용 골도전화기 개발 및 성능 평가", 한국음향학회지, 제14권, 제2호, pp.113-122, 1995
10. 강성훈 외, "장애인 및 고령인을 위한 복지통신단말", 전자 공학회지, 제20권, 제8호, pp.58-64, 1993

11. 최성환, “청각장애인 보조기기 개발 현황 및 정책과제”, 재  
활공학정보, 제7호, pp.57-76, 1997
12. 김기훈, “청각장애인 정보통신(I)”, 청각장애인 정보통신 재  
활심포지엄, pp.15-24, 1996
13. 강성훈, “청각장애인 복지통신 서비스 및 복지통신 기기 현  
황”, '97청각장애인 복지통신 제도화를 위한 심포지엄, pp.  
79-106, 1997
14. Hansen, “*Hands free telephone*”, No., 4564939, U.S.A.  
Patent
15. Kato, “*Loudspeaking telephone circuit*”, No., 3952166, U.  
S.A. Patent
16. Staudacher, “*acoustic feedback cancellation for equalize  
amplifying*”, No., 5533120, U.S.A. Patent
17. E. Zwicker, *Psychoacoustics*. pp.76-95, Springer-verlag,  
New York, 1982