

<https://doi.org/10.7236/JIIBC.2022.22.1.141>  
JIIBC 2022-1-21

## 무선이어폰 품질 표준화를 위한 오디오 재생 시간 측정법에 관한 연구

### A Study on Measurement Method of Audio Playback Time for Standardization of Wireless Earphone Quality

한문환\*, 정인호\*\*

Munhwan HAN\*, Inho Jeong\*\*

**요약** 무선이어폰은 스마트기기(휴대폰 등)와 함께 소비가 많은 제품으로 일반이어폰 대비 선 꼬임이 없고 편리하여 다양한 가격대의 제품이 시장에 출시되어 있다. 하지만 무선이어폰 품질에 대한 정보는 부족하여 소비자는 브랜드 인지도에 따라 제품을 구매하는 경향이 높고, 제조사는 품질 평가를 위한 측정 방법에 대한 표준이 부재하여 제품마다 다른 기준으로 소비자에게 정보를 전달하고 있다. 특히 무선이어폰의 재생 시간은 소비자의 구매에 직접적인 영향을 줄 수 있는 요소로서 이를 제대로 측정하기 위한 표준화된 시험 방법 마련이 필요하다. 본 논문에서는 무선이어폰에 대한 현황과 관련 표준 동향을 소개하고 이를 통해 개발된 무선이어폰 오디오 재생 시간 측정법을 제시하고자 한다. 또한 본 측정법은 국가표준인 한국산업표준(KS)으로 제정 후 국제표준(IEC)으로 제안할 예정이다.

**Abstract** Wireless earphones are products that are consumed together with smart devices (mobile phones, etc), and there is no twisting and convenience compared to general earphones. However, due to the lack of information on the quality of wireless earphones, consumers tend to purchase products based on brand awareness, and manufacturers deliver information to consumers based on different standards for each product due to the lack of standards for measurement methods for quality evaluation. In particular, the playback time of wireless earphones is a factor that can directly affect consumers' purchases, so it is necessary to prepare a standardized test method to properly measure it. This paper introduces the current status of wireless earphones and related standard trends, and proposes a method for measuring the audio playback time of wireless earphones developed through this. In addition, this measurement method will be proposed as an international standard (IEC) after being established as the national standard, the Korean Industrial Standard (KS).

**Key Words** : Wireless earphone, product quality, play time, measurement method, standard

\*준회원, 한국산업기술대학교 정보통신공학과  
\*\*정회원, 한국산업기술대학교 전자공학과(교신저자)  
접수일자 2022년 1월 20일, 수정완료 2022년 1월 31일  
게재확정일자 2022년 2월 4일

Received: 20 January, 2022 / Revised: 31 January, 2022 /  
Accepted: 4 February, 2022

\*Corresponding Author: ihjeong@kpu.ac.kr  
Dept. of Electronic Engineering, Korea Polytechnic University,  
Korea

## I. 서 론

스마트폰의 발달과 함께 다양한 정보통신 기기들이 개발되고 있다. 최근 소비자들이 많이 찾고 있는 무선이어폰은 일반 이어폰에 비해 선 꼬임이 없고 페어링(pairing)이 쉬운 편리함 덕분에 그 인기가 상승하고 있고, 시장에는 다양한 종류와 가격대의 무선이어폰이 계속 출시되고 있다. 하지만 이에 반해 무선이어폰에 대한 품질 정보는 다소 부족한 실정이라 제품의 품질에 대한 비교보다는 브랜드 인지도에 따라 소비자들이 제품을 구매하는 경향이 높다<sup>[1]</sup>.

2020년과 2021년 국내 소비자단체와 한국소비자위원회에서는 각각 시중에서 판매하는 무선이어폰 제품들을 대상으로 품질 시험·평가를 시행하였고, 소음 감쇄 능력(외부 소음 차단 능력), 지연 시간(디바이스에서 전송된 신호가 소리로 변환되는데 걸리는 시간), 음압감도(동일 소리에 대한 소리의 크기) 등에 제품별 차이가 있었으며, 특히 재생 시간의 경우 측정 방법 및 사용 조건에 따라 차이가 있어 표준화된 시험 방법 및 품질 기준 마련이 필요하다고 발표하였다<sup>[2][3]</sup>.

이에 본 논문에서는 무선이어폰에 대한 일반 현황과 관련 국내의 표준들을 소개하고 재생 시간 측정법 개발에 필요한 측정 환경, 측정 조건, 측정 방법 및 검증 절차를 각각 제시하여 최종적으로 무선이어폰 오디오 재생 시간 측정법을 도출하고자 한다. 또한 본 측정법은 국가 표준인 한국산업표준(KS)으로 제정 후 국제표준(IEC)으로 제안할 예정이다.

## II. 배경

### 1. 무선이어폰 일반 현황

이어폰은 KS C IEC 60050-801(국제전기기술용어: 음향 및 전기음향)에 따르면 ‘귀에 음향적 결합으로 밀착하여 사용될 목적과 전기 신호에서 음향 진동을 얻는 전기-음향 변환기’로 정의된다. 일반적으로 선이 없는 이어폰을 의미하는 무선이어폰은 기능적으로는 근거리 무선 기술 표준인 블루투스(Bluetooth) 기능이 탑재된 이어폰을 말하며, 블루투스 헤드셋, 넥밴드 이어폰, TWS(True Wireless Stereo, 완전 무선이어폰) 등의 다양한 형태로 나누어진다.

표 1. 무선이어폰 종류

Table 1. Types of wireless earphones

오픈형 이어폰	커널형 이어폰	넥밴드 이어폰	골전도 이어폰
			

기존의 무선이어폰은 그 이름과 달리 좌측과 우측 유닛을 연결하는 선 혹은 넥밴드가 존재하나, 2015년 Onkyo 社에서 좌우를 연결하는 선마저 제거된 세계 최초의 TWS(W800BT)를 내놓은 이후 다양한 회사에서 파생 제품을 내놓으며 TWS는 무선이어폰의 대세로 자리 잡았다<sup>[4]</sup>. 좌우의 유닛이 선으로 연결된 무선이어폰의 경우 제품이 목에 걸려있으므로 떨어뜨리는 것을 방지할 수 있다는 장점과 함께 TWS 대비 좋은 음질로 소리의 지연이 적을 수 있으며, 반대로 TWS 타입의 경우 제품을 떨어뜨리거나 한쪽 유닛을 분실할 수 있다는 단점이 있으나 케이블 자체가 없으므로 사용상의 번거로움을 줄일 수 있다는 점이 최대 장점이다.

무선이어폰 관련 음향 시스템 기기 용어와 정의는 표2와 같다.

표 2. 음향 시스템 기기 용어와 정의

Table 2. Sound System Equipment Terms and Definitions

용어	정의
이어폰	귀에 음향적 결합으로 밀착하여 사용될 목적과 전기 신호에서 음향 진동을 얻는 전기-음향 변환기
헤드폰	머리띠 혹은 턱받이 띠에 하나 또는 두 개의 이어폰과 선택적 용도를 결합한 합체품
헤드셋	마이크로폰을 구비한 헤드폰
이어셋	마이크로폰을 구비한 이어폰
삽입형 이어폰	이어 몰드와 같은 연결 부품으로 외이도에 직접 삽입하는 소형 이어폰
내이가 이어폰	이각 공동에 맞도록 외이도 입구에 근접한 음향 출구를 가진 소형 이어폰
귀에 없는 이어폰	귓바퀴 위에 안착시키기 위해, 외이에 외부적에서 힘을 가하는 이어폰
이각에 없는 이어폰	이각 공동의 릿지에 안착될 것을 목적으로 하는 이어폰
귀덮개형 이어폰	귀를 포함한 머리 부분을 덮기에 충분한 크기의 공동을 갖는 이어폰
귀걸이형 이어폰	귀에 거는 귀덮개형 이어폰

청진기형 헤드폰	이어폰을 강제 관의 쌍으로 귀에 연결시킨 삽입형 헤드폰
음향적 개방된 이어폰	외부 환경과 이어폰 사이에 음향 경로를 내부적으로 제공한 이어폰
음향적 밀폐된 이어폰	외부 환경과 외이도 사이에 음향 결함을 방지할 목적의 이어폰
후면 밀폐형 이어폰	변환기의 후면으로부터 외부 환경으로 분명한 방사를 방출 않는 이어폰
후면 개방형 이어폰	변환기의 후면에서 외부 환경으로 분명한 방사를 방출하는 이어폰

[출처 : KS C IEC 60268-7]

통화, 음악 감상과 휴대성만 강조했던 무선이어폰은 최근 2~3년간 급격한 발전으로 생활 필수 아이템으로 전환되었고 구매 수요기준도 다양화되었다. 퀄컴(Qualcomm)이 발표한 <오디오 제품 사용현황 보고 2020>에 따르면, 음질이 가장 기본적인 구매 기준이며 가격, 착용감 등이 뒤를 잇고 있다. 그 외 잡음 저감(Noise Canceling)이나 디자인 등 구매 기준이 다양해졌으며 개성을 추구하는 경향이 반영되기 시작했다[5].

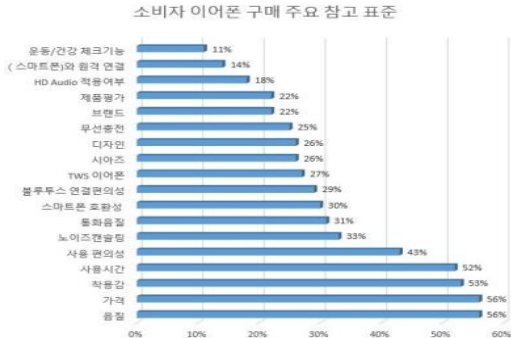


그림 1. 소비자 이어폰 구매 기준  
 Fig. 1. Consumer Earphone Purchasing Criteria

[출처: 퀄컴(Qualcomm), <오디오 제품 사용현황 보고 2020>]

## 2. 무선이어폰 표준 현황

무선이어폰 관련 국내의 표준 현황은 표3과 같다.

표 3. 무선이어폰 관련 국내외 표준  
 Table 3. Domestic and international standards related to wireless earphones

표준번호	표준명
KS C 5503	소형 헤드폰 및 이어폰
KS C IEC 60050-801	국제전기기술용어 — 제801장 : 음향 및 전기음향

KS C IEC 60268-1	음향시스템 기기 - 제1부:일반
KS C IEC 60268-2	음향 시스템 기기 — 제2부: 일반 용어 설명 및 계산 방법
KS C IEC 60268-3	음향 시스템 기기 — 제3부: 증폭기
KS C IEC 60268-5	음향 시스템 장비 — 제5부: 스피커
KS C IEC 60268-7	음향 시스템 기기 — 제7부: 헤드폰 및 이어폰
KS C IEC 60268-13	음향 시스템 기기 —제13부:스피커의 청취 시험
KS C IEC 61672-1	전기음향 - 사운드레벨미터(소음계) - 제1부 : 규격
KS C IEC 60581-10	고충실도 오디오 장비 및 시스템: 최소 성능조건 — 제10부: 헤드폰
KS C IEC 60318-1	전기음향 — 인간의 머리와 귀 모의기 — 제1부: 귀 마개와 귀덮개 이어폰 측정용 귀 모의기
KS C IEC 60318-3	전기음향 — 인간의 머리와 귀 모의기 — 제3부: 청력 측정에 사용하는 귀마개 이어폰의 교정용 음향 커플러
KS C IEC 60318-4	전기음향 — 인간의 머리와 귀 모의기 — 제4부: 귀 삽입을 통해 귀에 연결하는 이어폰 측정용 폐쇄귀 모의기
KS C IEC 60318-7	전기음향 — 인간의 머리와 귀 모의기 — 제7부: 보청기 측정용 머리 및 몸통 모의기
KS C IEC 60942	전기음향 — 소리 교정기
KS X ISO/IEC 13818-7	정보기술 — 동영상 및 오디오의 범용부호화(MPEG-2) — 제7부: 오디오 부호화(AAC)
KS I ISO 4869-3	음향 — 청각 보호구 — 제3부: 음향시험장치(ATF)를 이용한 방음용 귀 덮개의 삽입손실 측정
KS I ISO 3745	음향 — 음압법에 의한 소음원의 음향 파워레벨과 음향 에너지레벨 측정방법 — 무향실과 반무향실의 정밀 측정방법
KS I ISO 3741	음향 — 음압법에 의한 소음원의 음향파워레벨과 음향에너지레벨 측정방법 — 잔향실에서의 정밀 측정방법
KS I ISO 3743-1	음향 — 음압을 사용한 소음원의 음향파워레벨과 음향에너지레벨 결정 — 잔향음장 내 소형 이동 음원에 대한 공학적 방법 — 제1부: 딱딱한 벽을 가진 시험실 내 비교법
KS I ISO 3743-2	음향 — 음압으로 소음원의 음향파워레벨 결정 — 잔향음장 내 소형 이동 음원에 대한 공학적 방법 — 제2부: 특정 잔향시험실 방법
IEC 60318-4	Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 4: Occluded-ear simulator for the measurement of earphones coupled to the ear by means of ear inserts Ear Simulator
IEC 60318-5	Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 5: 2 cm <sup>3</sup> coupler for the measurement of hearing aids and earphones coupled to the ear by means of ear inserts
IEC 60318-7	Electroacoustics — Simulators of human head and ear — Part 7: Head and torso simulator for the measurement of hearing aids

### III. 무선이어폰 오디오 재생 시간 측정법

본 논문에서는 좌우 이어폰 간 선 연결 없이 독립적으로 귀에 장착되는 무선이어폰(좌우 독립형 무선이어폰)의 오디오 재생 시간을 측정하는 방법을 규정하며, 재생 시간은 무선이어폰의 배터리가 소비되는 시간으로 측정된다.

다음의 사항은 본 측정법에서 취급하지 않는다.

- a) 골 진동을 이용하여 음을 전달하는 무선이어폰의 재생 시간
- b) 이어폰과 주 배터리 분리 또는 이어폰과 통신부가 분리되는 무선이어폰의 재생 시간 (예: MMCX (Micro-miniature coaxial) 단자로 연결되는 이어폰)
- c) 무선이어폰에 내장된 마이크를 이용한 통화 시간
- d) 페어링 상태에서 오디오 재생 없이 무선이어폰의 활성화 유지 시간
- e) 기기 간 페어링이 안 된 대기 상태에서 무선이어폰의 전력 소비 시간

#### 1. 측정 환경

시험을 위한 환경 조건은 KS C IEC 60268 - 1, 9절을 따른다.

- 주변 온도: 15 °C ~ 35 °C, 가급적이면 20 °C
- 상대 습도: 25 % ~ 75 %
- 기압: 86 kPa ~ 106 kPa

SPL(음압 레벨, sound pressure level) 측정은 KS C IEC 60268-5, 5.2에 명시된 자유장 조건(free-field condition)에서 수행해야 한다. 자유장 조건 외에 외부 음과 진동의 유입을 관리할 수 있는 시험실 또는 공간에서 측정하는 경우, KS I ISO 3745, 5절에 명시된 기준을 고려해야 한다. 라우드니스(loudness) 비교는 KS C IEC 60268-7, 7.5에 명시된 비교 조건을 수행해야 한다.

제조사자는 무선이어폰의 음향 특성을 결정하기 위해 사용한 모의 귀를 명시한다. 이때 모의 귀는 KS C IEC 60268-7, 4절에서 나열한 이어폰과 귀의 공간적 관계 유형을 만족해야 한다. 적절한 모의 귀를 갖춘 KS I ISO 4869-3, 5.1의 ATF(음향시험장치, acoustic test fixture) 또는 인공 머리, HATS(head and torso simulator)를 사용해야 하며, 측정 결과와 함께 사용한 모의 귀 제품을 측정 보고서에 명시해야 한다.

실제 청음 조건과 유사한 조건을 위해 ATF나 HATS는 귀 부분을 사용해야 하며, 제조사는 KS C IEC 60959나 청음 관련 표준에서 제시한 모델을 사용해야 한다. 이때 모델은 모의 귀를 필수 항목으로 구성해야 한다[6][7]. 모의 귀의 단단함은 측정 보고서에 기술되어야 한다[8]. 모의 귀 컷바퀴 시뮬레이터는 KS C IEC 60268-7, 부속서 A에서 나열한 정보를 참조한다. 그 외의 모의 귀 측정 장비를 사용한다면, 제조사는 장비의 물리적인 파라미터, 형상, 귀의 크기, 재질 등을 표기해야 한다.

모의 귀를 사용하기 어려운 경우, 제조사는 무선이어폰의 음향 측정을 위해 커플러를 명시한다. 이때 커플러는 KS C IEC 60318-4, 4절에서 명시한 구조를 만족해야 한다. 외이도 삽입 깊이에 따라 주파수별 SPL 차이가 많이 발생하므로, 모의 귀 장비와 측정 결과가 유사하도록 삽입 깊이를 설정해야 한다[9]. 시험이 종료될 때까지 동일한 삽입 깊이를 유지하고, 측정 보고서에 명시해야 한다.

KS C IEC 60942에 명시된 방법으로 교정한 음압 측정계를 사용하여 SPL을 측정해야 한다.

무선이어폰의 능동 소음 제어(ANC) 기능을 적용하는 경우를 위해 일반 라우드 스피커 사운드 환경을 구성한다. KS C IEC 60268-5, 7절에 명시된 스피커 배치 방법에 따라 모의 귀 앞쪽의 좌측 및 우측에 각각 라우드 스피커를 배치한다. 사용한 스피커의 구성에 대한 보고는 KS C IEC 60268-5, 29절에 명시된 항목을 참조한다.

무선이어폰과 페어링하여 소리를 전달하는 신호발생기는 주 배터리 또는 외부 전원으로 동작하고, 블루투스 4.2 이상의 버전을 지원하며, 오디오 코덱 AAC를 지원하는 장비이다. 음량 조절 장치가 포함되어 있다. 신호발생기 모델명, 측정 시 사용한 블루투스 버전, 블루투스 오디오 코덱 종류 및 오디오 재생 프로그램 정보를 측정 보고서에 명시해야 한다.

오디오 재생 프로그램의 이퀄라이저는 기본 설정으로 사용한다. 이퀄라이저를 사용하여 음원의 특정 주파수 대역을 강조하거나 감소시키는 경우, 측정 보고서에 이퀄라이저 설정을 명시해야 한다.

#### 2. 측정 조건

측정에 사용하는 무선이어폰을 시험용 유닛(UUT)으로 명하며, UUT는 기본 소프트웨어 및 펌웨어를 사용한다. UUT의 기능을 확인하며, 신호발생기와 연결되었을 때, 자동 업데이트되는 경우 업데이트를 완료한다. UUT

의 펌웨어 버전을 측정 보고서에 명시한다.

신호발생기와 UUT 간 페어링 정보를 초기화한다. 초기화 방법은 제품별로 확인한다. 페어링 초기화 방법이 없는 경우, 신호발생기와 연결을 끊고 UUT를 공장 초기화 상태로 만든다.

KS C IEC 60268-7, 8.3.3과 8.5에 명시된 내용으로 참조하여 무선이어폰의 음압을 확인한다. UUT의 좌우 이어폰이 500 Hz에서 클리핑 안되는 최대 SPL(기준 음압 20 mPa)을 찾고 UUT 좌우 유닛 각각의 최대 SPL을 측정 보고서에 명시한다.

UUT의 좌우 유닛이 그림 2과 같이 각각 신호발생기와 독립적으로 페어링하는지, 한쪽(좌 또는 우)만 신호발생기와 페어링하고, 그 외의 이어폰이 페어링된 이어폰과 연결되는지 확인한다.

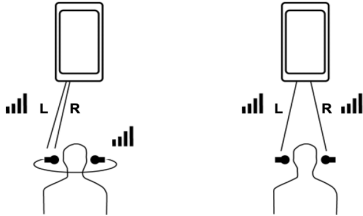


그림 2. 좌우 유닛 페어링 예  
 Fig. 2. Left and right unit pairing example

신호발생기와 UUT 간 페어링하고, 신호발생기에서 연결된 블루투스 코덱을 확인한다. 신호발생기로 스마트폰을 사용하는 경우, 블루투스 코덱의 종류는 표4와 같이 확인할 수 있다. 코덱 종류와 코덱이 지원하는 최대 샘플링 주파수, 비트를 측정 보고서에 명시한다.

UUT에서 제공하는 ANC 환경 목록(차, 비행기, 지하철, 실외, 실내 등) 및 ANC 주요 주파수 특성을 제조사를 통해 확인하고, 시험에 사용한 항목을 측정 보고서에 명시해야 한다. UUT의 마이크로폰으로 외부 소음을 받는 경우, 마이크로폰 기능을 활성화한다.

확인된 최대 SPL로 UUT 소리 크기를 설정하고 백색 잡음을 10초 동안 재생하여 UUT의 음향 출력 중 무음, 팝업 잡음이 없는지 확인한다. 이를 3회 수행하여 기기 간 연결 안정성을 확인한다[10].

유선 또는 무선 충전 방법을 이용하여 UUT가 꺼진 상태에서 배터리를 충전한다. 제조사에서 명시한 방법으로 UUT의 충전 상태를 확인한다. 저전력 모드 기능이 있는 경우 비활성화한다. UUT를 크레이들(cradle, 부속품)로 충전하는 경우 아래 절차를 따른다.

표 4. 연결된 블루투스 코덱 확인 방법

Table 4. How to check the connected Bluetooth codec

연결된 블루투스 코덱 확인 방법	
a) 무선이어폰과 안드로이드 OS 기기 간 페어링한다.	
b) 안드로이드 OS 설정에서 개발자 옵션을 통해 블루투스 오디오 설정 항목을 나타낸다.	
c) 블루투스 오디오 세부 항목을 나타내고 있다. 안드로이드 기기에 연결된 무선이어폰에서 지원하는 항목은 다음과 같이 나열되었다. SBC, AAC, aptX™, LDAC, Scalable Codec 중 하나를 선택할 수 있다.	
d) 블루투스 오디오 코덱이 지원하는 샘플링 비율, 샘플 당 비트 및 채널의 세부 내용을 보여준다.	

- 크레이들을 전원에 연결하여 충전한다.
  - 크레이들에 UUT를 안착 후 충전한다. 전원은 연결 상태를 유지한다.
  - 제조사에서 권장하는 충전 시간을 고려하여 UUT의 충전 상태를 확인한다.
- UUT가 꺼진 상태에서 페어링 된 기기를 통해 배터리

충전 상태를 확인할 수 있는 경우, UUT는 충전 상태를 유지하며, UUT의 전원은 On 상태에서 페어링한 기기에서 충전 상태를 확인한다. 이때는 페어링 외 다른 모드(예를 들어 음악 재생, ANC 모드 On/Off 상태 확인 등)는 수행하지 않는다.

신호발생기에서 모노포닉 핑크 노이즈를 UUT 좌우 유닛에 동일하게 재생한다. 핑크 노이즈의 대역 통과 필터의 형태는 KS C IEC 60268-1, 그림 5를 따른다. 이때 신호발생기의 샘플링 주파수, 비트 및 오디오 코덱을 측정 보고서에 명시해야 한다. 노이즈 음원은 광대역 주파수 범위에 대해 정보가 있어야 한다.

### 3. 측정 방법

측정을 수행하기 전에 적절한 안정화 상태를 보장하기 위해 측정 순서는 그림3와 같다. 필요에 의해 순서를 변경할 수 있다. 단 변경된 순서에서도 측정 결과가 같아야 한다.

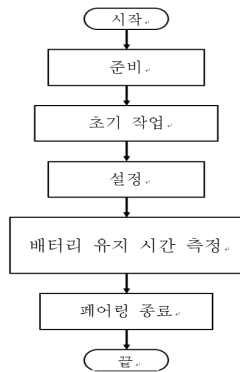


그림 3. 권장되는 측정 순서  
Fig. 3. Recommended measurement sequence

#### • 준비

시험에 장착되는 UUT 형태를 측정 보고서에 명시한다. 시험에 사용할 수 있는 UUT의 종류는 “좌우 독립형 무선이어폰”으로 한정한다. 귀에 거치하는 형태가 내이 각형 또는 삽입형인지 제조사의 제품 사양서와 실물을 통해 확인한다.

UUT의 종류와 제조사에서 명시한 UUT의 기본 사양, 예를 들어 무게, 블루투스 버전, 주파수 대역, 능동 소음 제어 특성 및 종류, UUT의 페어링 조건(좌우 이어폰 개별적인 페어링, 주 이어폰과 페어링 여부), 최대 SPL, 배터리 용량, 배터리 충전 시간, 배터리 수명 등을 제품 사양서를 통해 확인한다.

UUT가 무선 이어셋으로 음성 명령으로 오디오 재생 및 일시 정지 기능을 지원하는 경우, 마이크로폰 기능을 비활성화 한다.

UUT가 ANC 기능을 포함하는 경우, 측정을 진행하는 동안 ANC 기능을 적용할지에 따라 기능을 활성화 또는 비활성화한다. 측정을 종료할 때까지 ANC 기능의 변경할 수 없다. ANC 기능을 활성화하는 경우 제조사에서 제공하는 기본 모드로 ANC를 동작 시킨다. 제조사 요청에 의해 UUT의 ANC 모드를 변경하는 경우 측정 보고서에 명시해야 한다.

UUT와 신호발생기 간 블루투스로 연결하기 위해 지원되는 코덱을 제품 사양서를 통해 확인한다. 기본 오디오 코덱을 AAC로 지정한다. 다른 코덱(예를 들어, aptXTM, SBC, SSC, LDAC 등)을 사용하는 경우 측정 보고서에 명시해야 한다.

음향적으로 개방된 무선이어폰이 아닌 경우, UUT를 모의 귀에 장착할 때 UUT가 PNC를 지원하는 경우 소리가 새지 않도록 모의 귓구멍과 UUT 이어팁의 크기를 확인한다. UUT의 소리 중심과 모의 귀 중심(KS C IEC 60268-7, 부속서 A 참조)을 일치시키고, UUT의 좌우를 모의 귀에 맞게 장착한다. 장착 후 무게 등 외부 요인에 의해 초기에 설정한 소리 중심이 어긋나지 않도록 UUT를 모의 귀에 체결한다.

그림 4와 같이 제어 장치와 음압 측정계를 모의 귀와 연결하여 SPL을 측정하고 분석할 수 있도록 구성한다.

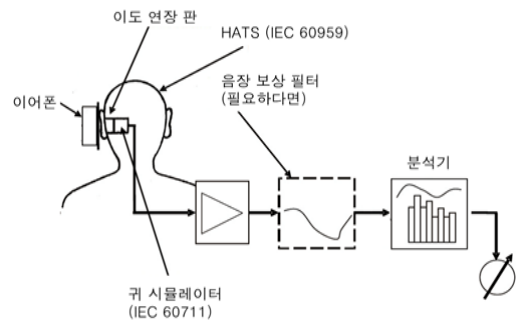


그림 4. 모의 귀와 제어 장치 및 음압 측정계 구성  
Fig. 4. Construction of the simulated ear, control unit and sound pressure gauge

- 최대 SPL이 되도록 신호발생기의 음량 조절 장치를 설정한다.
- 가청 주파수 대역(20 Hz ~ 20 kHz)에서 핑크 노이즈를 테스트 신호로 한다. 커플러 또는 모의 귀

내에 장착한 마이크로폰을 이용하여 SPL을 측정한다. UUT 좌우 이어폰의 가청 주파수 대역 총합 SPL은 75 dB(기준 음압 20mPa, 편차는  $\pm 3$  dB 이내)가 되도록 신호 발생기 음량 조절 장치를 조정한다. 좌우 이어폰 간 SPL 차이가 있는 경우, 좌우 유닛 중 상대적으로 낮은 SPL을 기준으로 정한다<sup>[11]</sup>. SPL에는 어떤 가중치도 적용하지 않는다.

c) 제품 사양서에 명시된 주파수 대역(예 20 Hz ~ 20 kHz)에 걸쳐 측정된 UUT 좌우 유닛의 SPL을 1/3 옥타브 대역에서 그래프를 사용해서 좌우 이어폰의 자유 음장 비교 주파수 응답으로 나타낸다. 그래프의 눈금은 10개의 주파수에 대해 50 dB를 등간격으로 그린다. 측정 보고서에 그래프를 명시할 수 있다.

d) UUT의 좌우 유닛 특성을 확인한다.

- 좌우 이어폰의 SPL은 2 dB 이내에서 응답의 유사성이 있으면 된다. (KS C IEC 60268 -7, 8.6.3.2 참조)

UUT와 거리가 1 m 이내에 있도록 신호발생기를 설치한다. UUT 배터리 유지 시간을 측정을 위해 신호발생기에서 음원을 재생하고, 오디오 정보를 확인한다. 여러 파일 재생 시 이전 파일 종료와 다음 파일 재생 사이에 무음이 없고, 페이드 인(fade-in)/페이드 아웃(fade-out)이 없어야 한다.

UUT와 신호발생기 간 블루투스 연결이 안정적인지 확인한다. UUT와 신호발생기 간 연결 안정성을 위해 주파수를 간섭할 수 있는 구조물이나 다른 주파수 조건(예 다른 기기에서 활성화된 블루투스, Wi-Fi 등)은 측정 환경에서 제외한다.

측정을 수행하기 전에 소프트웨어와 펌웨어 확인을 수행한다. 제조사의 요청이 있을 경우, 공개된 버전 중 제조사가 지정한 항목으로 업데이트를 한다. 측정 중에는 업데이트가 수행되지 않도록 업데이트를 비활성화한다.

UUT의 ANC 기능을 활성화하는 경우, 라우드 스피커 환경을 구성한다. 외부 잡음 환경은 ISO R 1996에 명시한 잡음 비율 곡선(Noise rating curves)을 고려하여 백색 잡음의 SPL을 설정한다. 백색 잡음의 SPL을 1/3 옥타브 대역에서 평균하고, 막대그래프를 사용해서 자유 음장 비교 주파수 응답으로 나타낸다<sup>[12]</sup>. 모의 귀 위치에서 가청 주파수 대역 총합 SPL은 80 dB(기준 음압 20mPa, 편차는  $\pm 3$  dB 이내)가 되도록 설정한다.

### • 초기 작업

사전 준비를 하며 신호발생기와 UUT 간 페어링 연결을 초기화하여 신호발생기와 연결된 기기 정보를 삭제하고 기기 간 연결을 끊는다.

UUT가 100 % 충전 상태인지 확인한다. UUT와 페어링된 기기에서 배터리 충전 상태를 확인할 수 있는 경우, 페어링 연결에서 배터리 상태를 확인한다. 이때는 100 % 충전될 때까지 페어링 상태를 유지한다.

UUT는 모의 귀 좌우 위치에 맞게 장착되어야 하며, 100 % 배터리 충전 상태를 확인한 후 제조사에서 안내한 방법으로 UUT의 전원을 켜다.

UUT와 신호발생기 간 블루투스로 연결한다. 공장 초기화 상태에서 신호발생기와 처음 연결하는 경우 UUT의 페어링 조건, 블루투스 오디오 코덱, 페어링 안정성 및 소프트웨어와 펌웨어 정보를 확인한다.

### • 설정

배터리 유지 시간 측정을 위해 사전에 준비한 사항을 확인하고 조건에 맞게 UUT를 설정한다.

UUT로 전송할 오디오 신호를 신호 발생기 구성에서의 내용을 기반으로 설정한다.

라우드 스피커를 구성하고, 라우드 스피커는 배터리 유지 시간 측정이 종료될 때까지의 소음 역할을 수행하고, SPL과 외부 잡음으로 사용한 음원을 변경하지 않는다.

### • 배터리 유지 시간 측정

측정을 위해 신호발생기에서 음원이 UUT로 전달되고, 음압 측정계에서 SPL을 측정한다. 좌우 유닛 둘 중 한 곳이 아래의 재생 종료 조건을 충족할 경우 음원 재생을 중지하고 재생유지 시간을 기록한다.

- 유지 시간은 음압 측정계로 확인한다. 음압 측정계에서 시간을 확인할 수 없는 경우, 신호발생기의 재생 시간으로 확인한다.
- 재생유지 시간 유효 단위의 표시는 “시:분:초”로 하며, 초 미만은 측정 결과에서 제외한다.

75 dB(기준 음압 20mPa, 편차는  $\pm 3$  dB 이내)로 SPL을 유지하는 UUT 중 최소 하나 유닛의 전원이 꺼지는 상황이거나 배터리 부족으로 페어링이 끊기는 상황, 또는 75 dB(기준 음압 20mPa, 편차는  $\pm 3$  dB 이내) 미만으로 SPL이 낮아지는 상황을 오디오 재생 종료 조건으로 한다.

- 배터리 재생 시간 연장을 위해 UUT에 SPL을 낮추는 기능이 있는 경우, 측정 보고서에 SPL 변화를 명시해야 한다.

• 페어링 종료

오디오 재생 종료 후 UUT와 신호발생기 간 연결된 페어링을 종료한다.

4. 검증 절차

제조사에서 제시한 모델의 오디오 재생 시간과 측정된 시간 간 차이를 확인하고 검증 여부를 고려한다.

신고된 값이 특정 제품 모델과 일치하는지 평가하기 위해, 그림 5의 검증 절차를 사용해야 한다.

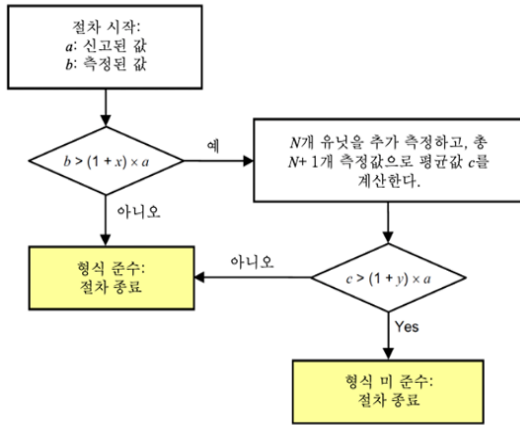


그림 5. 검증 절차 순서도  
Fig. 5. Verification Procedure Flowchart

검증 절차는 두 단계로 접근한다: 한 개 유닛의 측정값이 x %로 지정된 값을 초과하지 않아야 한다. 만약 초과한다면, N 개 추가 유닛을 측정하고, N+1개 측정값의 평균을 계산한다. 평균값은 y %로 지정된 값을 초과하지 않아야 한다.

평균값은 아래와 같이 계산해야 한다:

$$T_M = 1/(N+1) \sum_{i=1}^{(N+1)} T_{mi}$$

$T_{mi}$  : 측정된 i의 오디오 재생 시간

$T_M$  : N+1개 측정된 오디오 재생 시간의 평균

예) x에 대한 합당한 값은 15 % (0.15), y는 10 % (0.1), N은 3이 될 수 있다.

IV. 시험 및 결과

'20년 6월 (사)소비자시민모임과 '21년 8월 한국소비자원에서 진행한 무선이어폰 시험·평가 대상과 동일한 16개 제조사의 총 17개 모델에 대한 오디오 재생 시간 측정 시험을 진행하였다. 다양한 출시연도(19년,20년,21년) 및 제품 가격(2만원대~50만원대)을 반영하였으며, 삽입형(인이어) 제품 외에 내이각형(오픈형) 무선이어폰도 모델도 시험 측정 대상에 포함하였다.

표 5. 시험제품 리스트  
Table 5. Test product list

번호	제품 사진	형태	출시연월	가격	비고
1		삽입형 (인이어)	'21년 6월	143,900원	-
2		삽입형 (인이어)	'20년 6월	129,000원	한국소비자원 동일 모델
3		내이각형 (오픈)	'19년 1월	49,900원	(사)소비자시민모임 동일 모델
4		삽입형 (인이어)	'21년 8월	32,700원	한국소비자원 동일 제조사
5		내이각형 (오픈)	'20년 4월	83,720원	한국소비자원 동일 제조사
6		삽입형 (인이어)	'20년 9월	29,900원	한국소비자원 동일 제조사
7		삽입형 (인이어)	'20년 9월	49,800원	한국소비자원 동일 제조사
8		삽입형 (인이어)	'19년 11월	59,000원	(사)소비자시민모임 동일 모델
9		삽입형 (인이어)	'20년 12월	115,180원	한국소비자원 동일 모델
10		삽입형 (인이어)	'21년 6월	299,000원	-
11		삽입형 (인이어)	'21년 7월	526,000원	-
12		내이각형 (오픈)	'19년 4월	154,900원	한국소비자원 동일 제조사
13		삽입형 (인이어)	'20년 4월	97,850원	한국소비자원 동일 모델
14		삽입형 (인이어)	'21년 1월	420,000원	-
15		삽입형 (인이어)	'19년 (해의출시)	60,820원	-



번호	제품 사진	형태	출시년월	가격	비고
16		삽입형 (인이어)	'21년 7월	249,000원	한국소비자원 동일 제조사
17		삽입형 (인이어)	'21년 1월	187,700원	한국소비자원 동일 모델

개발한 무선이어폰 오디오 재생 시간 측정법을 기준으로 측정을 실시하였으며, 공정성을 기하고자 국내 제3자 공인시험기관에 의뢰하여 측정값을 도출하였다.

• 사용 장비

- 음향 분석기: Audio Precision APx555
- 음원 스피커: DB PS-205, MSJ SS180
- 파워 앰프: Crown XLi 2500
- 마이크로폰 앰프: B&K 2690-A
- 헤드 앤 토르소 시뮬레이터(이하 HATS): B&K 4128C
- 음압 교정기: B&K 4231

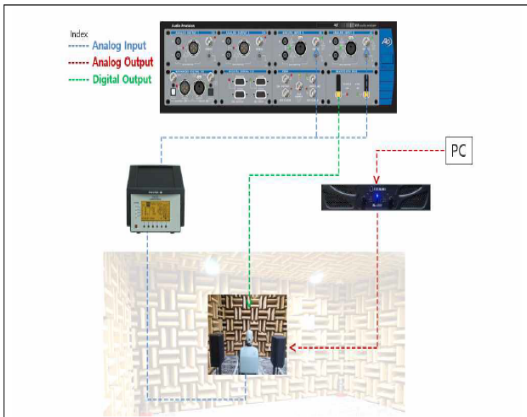
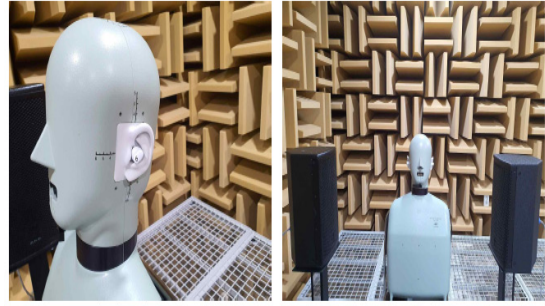


그림 6. 측정 장비 구성도  
 Fig. 6. Measuring equipment block diagram

• 측정 환경

- (22.5 ± 2.6) °C, (44.5 ± 2.5) % R.H, (100.9 ± 0.1) kPa
- 측정 공간 : Anechoic chamber
- 무선 연결 : codec - SBC, sampling rate - 44.1 kHz
- 외부 노이즈 입사 : White noise, SPL-80 dB



① HATS의 인공귀를 사용한 측정      ② HATS 측정 사진

그림 7. 측정 환경

Fig. 7. measurement environment

• 측정 결과

총 17 모델 중 13개 모델이 제조사가 제시한 무선이어폰 재생 시간 사양 대비 짧은 것으로 나타났으며, 평균적으로 약 70분이 넘게 차이가 나는 것으로 확인되었다.

표 6. 재생 시간 측정 결과표

Table 6. Playback time measurement result

번호	ANC* OFF		ANC ON		코덱
	사양	시험결과	사양	시험결과	
1	-	-	5시간 00분	6시간00분 (↑)	SBC
2	12시간 00분	10시간17분 (↓)	-	-	SBC
3	9시간 00분	6시간47분 (↓)	-	-	SBC
4	-	-	5시간 00분	3시간34분 (↓)	SBC
5	5시간 00분	4시간36분 (↓)	-	-	SBC
6	6시간 00분	5시간47분 (↓)	-	-	SBC
7	13시간 00분	8시간50분 (↓)	-	-	SBC
8	10시간 00분	10시간34분 (↑)	-	-	SBC
9	-	-	6시간 00분	5시간50분 (↓)	AAC
10	12시간 00분	13시간05분 (↑)	8시간 00분	8시간02분 (↑)	SBC
11	-	-	6시간 30분	5시간58분 (↓)	AAC
12	5시간 00분	4시간17분 (↓)	-	-	AAC
13	-	-	5시간 00분	4시간09분 (↓)	SBC
14	-	-	6시간 00분	4시간17분 (↓)	AAC
15	5시간 00분	5시간15분 (↑)	-	-	SBC
16	-	-	6시간 00분	4시간53분 (↓)	AAC
17	8시간 00분	7시간17분 (↑)	5시간 00분	4시간22분 (↓)	AAC

(사)소비자시민모임 결과 대비 2모델 모두 재생시간이 더 길게 측정되었으며, 한국소비자원 결과 비교에서는 총 4모델 중 1모델\*만 재생 시간이 더 길게 측정됨.

(\* 나머지 3모델의 경우, 무선이어폰 ANC기능이 있는 것으로 확인되며 한국소비자원 시험 시 ANC기능의 on/off 여부의 확인이 어려워 정확한 비교에 어려움이 있음)

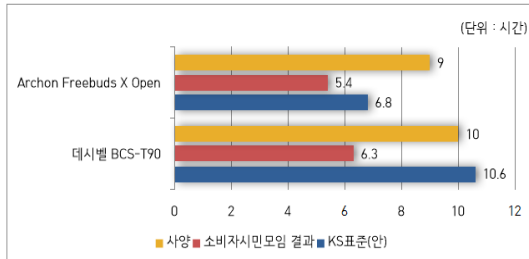


그림 8. (사)소비자시민모임과의 측정 결과 비교  
Fig. 8. Comparison of measurement results

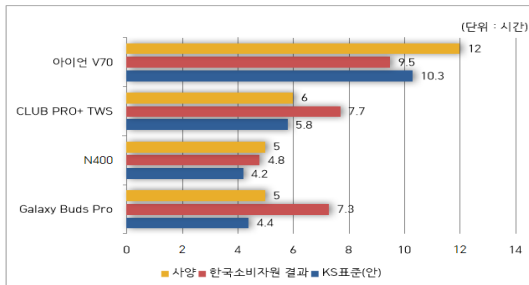


그림 9. 한국소비자원과의 측정 결과 비교  
Fig. 9. Comparison of measurement results

표 7. 주요 비교 내용  
Table 7. Key Comparisons

구분	내용
(사)소비자 시민모임	· JEITA 배터리 측정방법 2.0의 표준 미디어 파일 음원 · -40dBFS 기준 볼륨으로 측정 · SBC 코덱 사용
한국 소비자원	· KS C IEC 60268-1 신호 · 음압 레벨 85 dB 기준
KS표준 (안)	· 핑크노이즈(KS C IEC 60268-1 인용) 음원 사용 · 음원 진폭 0 dBFS / 음압 레벨 75 dB 기준 · AAC, SBC 코덱 사용 · ANC활성화 시 라우드 스피커 환경(80 dB) 구성

무선이어폰 재생 시간은 시험 방법 및 조건에 따라 크게 달라질 수 있으며, (사)소비자시민모임, 한국소비자원 과 본 논문에서 제시하고 있는 측정법은 시험 방법 및 조건에서 각각 차이가 있다. 개발된 오디오 재생 시간 측정법은 국내시장 출시 및 소비자 수요가 가장 많은 “좌우

독립형 무선이어폰 제품”에 그 대상 범위를 한정하여 표준화 대상을 구체화 시켰으며, “적용 범위-인용 표준-측정 환경-측정 조건-측정 방법-검증 절차”로 구성이 되어 측정 조건과 방법에 있어 체계적으로 접근하고 있다.

## V. 결 론

좌우 독립형 무선이어폰은 선이 없는 편리함 때문에 최근 그 사용이 크게 증가하고 있다. 배터리로 작동하는 좌우 독립형 무선이어폰의 특성상 재생 시간은 제품의 사용성에 크게 영향을 미치므로 소비자들이 제품을 선택할 때 고려하는 중요한 성능 중 하나이다. 그러나 제조사별로 재생 시간을 측정하는 방법이 상이하여 소비자들이 제품의 성능을 정확히 비교하기 어렵다. 이에 제조사들이 소비자에게 제품의 재생 시간 성능에 대해 다른 제품과 정확하게 비교할 수 있는 정보를 제공하여 소비자들의 합리적 선택을 보장하고, 제품별 공정한 경쟁이 이루어질 수 있도록 좌우 독립형 무선이어폰의 재생 시간 측정 방법에 대한 국가표준(KS) 제정이 필요하다.

본 논문에서 제시하고 측정법에서는 스마트기기와 연결된 좌우 독립형 무선이어폰의 오디오 재생 시간을 측정하기 위한 측정 조건 및 방법에 관하여 규정하고 있다. 본 측정법의 목적은 500 Hz 정현파에서 제품의 최대음량을 확인하고, 좌우 독립형 무선이어폰이 핑크 노이즈 평균 SPL 75 dB에서 얼마나 오랫동안 재생되는지를 객관적으로 측정하기 위한 측정 환경, 측정 조건, 측정 방법, 그리고 시험 보고서에 명시할 항목을 제시하는 것이다.

측정 환경은 소비자의 제품 사용 환경을 감안하여 설정하였고, 좌우 독립형 무선이어폰의 재생 특성에 맞게 측정 조건을 설정할 수 있도록 하였다.

본 측정법은 산업통상자원부 국가기술표준원의 심의를 거쳐 국가표준인 한국산업표준(KS)으로 제정될 예정이며 이후 국제표준인 IEC(international electrical committee) 표준으로 제안할 예정이다.

## References

[1] Consumers Korea, “Different performance standards for wireless earphones... Increasing consumer confusion”, page 1, Jun 2020.  
<http://www.consumerskorea.org/press/reference?mod=document&uid=895>

[2] Consumers Korea, “Different performance standards

- for wireless earphones... Increasing consumer confusion", pp. 1-11, Jun 2020.  
<http://www.consumerskorea.org/press/reference?mod=document&uid=895>
- [3] Korea Consumer Agency, "Bluetooth earphones, there is a performance difference in sound and call quality", pp. 1-16, Aug 2021.  
<https://www.kca.go.kr/home/sub.do?menukey=4002&mode=view&no=1003173422>
- [4] namuwiki, "wireless earphone", Oct 2021.  
<https://namu.wiki/w/%EB%AC%B4%EC%84%A0%20%EC%9D%B4%EC%96%B4%ED%8F%B0>
- [5] KOTRA Overseas Market News, "China wireless earphone market trend", May 2021.  
[https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE\\_NO=3&MENU\\_ID=430&CO NTENTS\\_NO=1&bbsGbn=254&bbsSn=254&pNttSn=188583](https://dream.kotra.or.kr/kotranews/cms/news/actionKotraBoardDetail.do?SITE_NO=3&MENU_ID=430&CO NTENTS_NO=1&bbsGbn=254&bbsSn=254&pNttSn=188583)
- [6] ITU - T Recommendation P.57, Artificial ear  
<https://www.itu.int/rec/T-REC-P.57/en>
- [7] ITU - T Recommendation P.58, Head and torso simulator for telephony  
<https://www.itu.int/rec/T-REC-P.58/en>
- [8] KS M ISO 7619-1, Rubber, vulcanized or thermoplastic - Determination of indentation hardness - Part 1: Durometer method(Shore hardness)  
<https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do>
- [9] M. Hiipakka, M. Tikander, and M. Karjalainen, "Modeling the External Ear Acoustics for Insert Headphone Usage," J. Audio Eng. Soc., vol. 58, no. 4, pp. 269-281, Apr 2010.  
 DOI:<http://www.aes.org/e-lib/browse.cfm?elib=15253>
- [10] KS C IEC 62104, Characteristics of DAB receivers  
<https://standard.go.kr/KSCI/standardIntro/getStandardSearchView.do>
- [11] ALBERTI, Peter W. Noise induced hearing loss. BMJ: British Medical Journal, Feb 1992.  
 DOI:<https://doi.org/10.1136/bmj.304.6826.522>
- [12] ISO R 1996 (all part), Acoustics — Description, measurement and assessment of environmental noise  
<https://www.iso.org/standard/59765.html>
- [13] Kim, Minseok, Cho, Youngbohk. "Evolution of corporate social contribution activities in the era of the Fourth industrial revolution", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 20 Issue 1, pp. 85-95, Jan 2019.  
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2019.20.1.85>
- [14] Lee, Chang-Hee, Kim, Myung-Sup, Kim, Yoon-Sook, Noh, A-Reum, Yang, Jung-Sim, Song, Sung-Hyun, "A Study on Proficiency Comparison Testing Between Testers Using ISO/IEC 25023 Software Quality Characteristics Evaluation", Journal of the Korea Academia-Industrial cooperation Society, Vol. 21, pp. 18-27, June 2020.  
 DOI: <https://doi.org/10.5762/KAIS.2020.21.6.18>
- [15] Do-Gyeong Kim, Dong-Gi Se. "Accuracy and Efficiency of Web-based Assessment Platform (LIVECAT) for Computerized Adaptive Testing", Journal of KIIT. Vol. 18, No. 4, pp. 77-87, Apr. 2020.  
 DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.4.77>
- [16] Hack-Yoon Ki, "A Study on Fitting Algorithm of Custom Digital Hearing Aid Using Korean Articulation", Journal of KIIT. Vol. 18, No. 1, pp. 127-133, Jan 2020.  
 DOI: <https://doi.org/10.14801/jkiit.2020.18.1.127>

## 저 자 소 개

### 한 문 환(준회원)



- 2013년 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 정보통신공학과 박사과정
- 2009년 : 한국산업기술대학교 전자공학과 석사
- 2002년 12월 ~ 현재 : 한국기계전기전자시험연구원 센터장

- 2003년 : 경북대학교 전자공학과 학사
- 주관심분야 : Smart Devices, AR/VR/XR, Interface Standardization (KS, IEC, ITU-T, ISO)

### 정 인 호(정회원)



- 1997년 : 한국과학기술원 전기및전자공학부 공학석사
- 2001년 : 한국과학기술원 전기및전자공학부 공학박사
- 2006년 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 전자공학부 교수

- 2006년 ~ 현재 : 한국산업기술대학교 전자과 교수
- 주관심분야 : Smart Devices, 초고주파 전자부품, Interface Standardization (KS, IEC, ITU-T, ISO)

※ 본 연구는 산업통상자원부 국가기술표준원의 2021년도 '표준개발협력기관(COSD)사업'의 지원을 받아 수행되었음