

무선이어폰 재생 시간 측정 방법 및 보고 양식 개발

Development of Wireless Earphone Playback Time Measurement Method and Report Form

한문환¹, 정인호^{2*}

Mun-Hwan Han^{1*}, In-Ho Jeong^{2*}

〈Abstract〉

Wireless earphones, along with smart devices, are the most sought-after products by consumers. Compared to general earphones, wireless earphones do not have twisted wires and are easy to use, so various types of products are currently on the market. However, information on quality is somewhat lacking, so consumers tend to purchase products according to brand awareness, and manufacturers are delivering information to consumers using different standards for each product because there is no standard for quality control. In particular, the playback time of wireless earphones is a factor that directly affects consumers' purchases, so a standard measurement method is needed to properly measure it. In this paper, we present a method for measuring the audio playback time of wireless earphones derived from domestic wireless earphone status survey, commercial product measurement test, and research analysis, and a developed standard measurement method. In addition, this paper proposes a measurement result reporting format to provide accurate information to consumers and induce a fair competitive environment for each product to manufacturers.

Keywords : Wireless Earphone, Battery, Playback Time, Measurement Method, Report Form

1 정회원, 주저자, 한국공학대학교 정보통신공학과, 박사과정
E-mail: mhsquare22@tukorea.ac.kr

2* 정회원, 교신저자, 한국공학대학교 전자공학과, 교수
E-mail: ihjeong@tukorea.ac.kr

1 Dept. Information and Communication Engineering, Tech
University of Korea

2* Dept. of Electronic Engineering, Tech University of Korea

1. 서론

2020년과 2021년 (사)소비자시민모임과 한국소비자원에서는 국내에서 판매 중인 무선이어폰 제품들을 대상으로 품질 시험·평가를 시행하였고, 재생 시간의 경우 일부 제품은 표시 값 대비 2시간 이상 차이가 나거나 제품별로 최대 2.5배 차이가 있어 소비자의 혼란을 가중, 위반 사항 및 조치 사항을 관계기관에 통보했다고 발표하였다[1,2].

(사)소비자시민모임에서는 총 17개의 제품을 대상으로 재생 시간 측정 시험을 하였고 그 결과,

| Brand Name | Product Name | Playback Time | | |
|------------|--------------------------|---------------|----------|------------|
| | | Spec. | Measured | Difference |
| JBL | TUNE 120TWS | 4h | 4h | - |
| B&O | Beoplay E8 2.0 | 4h | 4h | - |
| APPLE | AirPot Pro | 4h 3m | 4h 30m | - |
| ABKO | BEATONIC E30 | 5h | 5h | - |
| SONY | WF-1000XM3 | 6h | 6h | - |
| SAM SUNG | Galaxy Buds(SM-R170) | 6h | 6h | - |
| Sudio | Tolv | 7h | 7h | - |
| Xiaomi | Redmi Airdot (TWSEJ04LS) | 4h | 3h 51m | -9m |
| QCY | T5 | 5h | 4h 9m | -51m |
| Britz | Acoustic TWS5 | 8h | 8h | -1h 20m |
| Mgtec | IRON V60 | 12h | 10h 23m | -1h 37m |
| Iriver | IBE-H7 | 8h | 6h 16m | -1h 44m |
| Lypertek | TEVI | 10h | 8h 4m | -1h 56m |
| LG | TONE+ Free (HBS-PFL7) | 6h | 3h 43m | -2h 17m |
| PENTON | TSX Diapot | 8h | 4h 30m | -3h 30m |
| ARKON | Freebuds X Open | 9h | 5h 23m | -3h 37m |
| BLUE COM | DECIBEL BCS-T90 | 10h | 6h 19m | -3h 41m |

Fig. 1 Test results of wireless earphone playback time <Source: Consumers Korea, 2020>

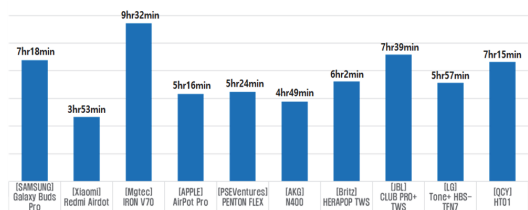


Fig. 2 Test results of bluetooth earphone continuous playback time <Source: Korea Consumer Agency, 2021>

17개 중 7개 제품만이 표시사항과 측정 재생 시간이 일치하고 나머지 10개 제품의 경우 표시사항보다 측정 시간이 적은 것으로 나타났다.

한국소비자원에서는 소비자 선호도가 높은 블루투스 이어폰 10개 제품을 대상으로 연속 재생 시간을 확인한 결과, 제품별로 최대 2.5배(3시간 53분 ~ 9시간 32분) 차이가 있었다고 발표하였다.

당시 이와 같은 재생 시간 측정 결과에 대해 무선이어폰 제조사들은 측정 조건 및 시험 방법에 따라 표시한 재생 시간과 측정값 간에 차이가 있을 수 있다고 주장하였고, 이에 소비자단체에서는 우리나라 주무 부처인 산업통상자원부 국가기술표준원에 해당 시험 결과를 공유하고 소비자의 관심이 높은 무선이어폰 제품에 대한 품질 기준 마련을 요청하였다.

본 논문의 연구는 이러한 배경에서 출발하였으며 시장 조사, 시판품 시험, 결과 분석 등의 수행 결과를 토대로 무선이어폰 재생 시간 측정 방안을 도출하였으며 특히 정확한 정보를 제공하고 제품별 공정한 경쟁을 유도하기 위한 측정 결과 보고 양식을 제안하고자 한다. 또한 본 측정법은 국가 표준인 한국산업표준(KS)으로 제정 예정이며 향후 국제표준(IEC)으로 추진을 목표로 하고 있다.

2. 재생 시간 측정 방법

좌우 이어폰 간 선 연결 없이 독립적으로 귀에 장착이 되는 좌우 독립형 무선이어폰(TWS, True Wireless Stereo)의 재생 시간을 측정하는 방법을 규정하고자 하며, 여기서 재생 시간이란 무선이어폰의 배터리가 유지되는 시간을 말하며 이는 음압 측정계(Sound pressure level meter)로 확인한다. 만약 음압 측정계에서 시간을 확인할 수 없는 경우에는 신호발생기(Signal generator)의 재생 시간

으로 확인한다.

2.1.1 측정 환경

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

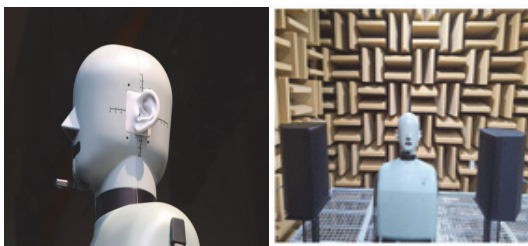
- 주변 온도: 15 °C ~ 35 °C (가급적 20 °C)
- 상대 습도: 25 % ~ 75 %
- 기압: 86 kPa ~ 106 kPa

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 비교는 KS C IEC 60268-7, 7.5에 명시된 비교 조건을 수행해야 한다.

2.1.2 측정 장비

무선이어폰의 음향 특성을 결정하기 위해 모의 귀를 사용하고, 모의 귀는 KS C IEC 60268-7, 4절에서 나열한 이어폰과 귀의 공간적 관계 유형을 만족해야 한다. 적절한 모의 귀를 구비한 KS I ISO 4869-3, 5.1의 ATF(Acoustic Test Fixture) 또는 HATS(Head and Torso Simulator)를 사용해야 하며, 측정 결과와 함께 사용한 모의 귀 제품을 측정 보고서에 명시해야 한다.

모의 귀를 사용하기 어려운 경우, 제조사는 무



① HATS artificial ear ② HATS measurement

Fig. 3 measurement environment

선이어폰의 음향 측정을 위해 커플러(coupler)를 명시한다. 이때 커플러는 KS C IEC 60318-4, 4절에서 명시한 구조를 만족해야 한다. 외이도(external auditory meatus) 삽입 깊이에 따라 주파수 별 음압레벨(SPL, Sound Pressure Level) 차이가 크게 발생하므로, 모의 귀 장비와 측정 결과가 유사하도록 삽입 깊이를 설정해야 한다[3]. 시험이 종료될 때까지 동일한 삽입 깊이를 유지하고, 측정 보고서에 명시해야 한다.

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

무선이어폰의 능동 소음 제어(ANC, Active Noise Cancellation) 기능을 적용하는 경우를 위해 일반 라우드 스피커(loudspeaker) 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 신호 발생기는 주 배터리 또는 외부 전원으로 동작하고, 블루투스 4.2 이상의 버전을 지원하며, 오디오 코덱 AAC를 지원하는 장비이다. 음량 조절 장치가 포함되어 있다. 신호 발생기 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.

2.1.3 측정 순서

측정 순서는 Fig. 4와 같으며, 필요에 따라 순서를 변경할 수 있다. 단 변경된 순서에서도 측정

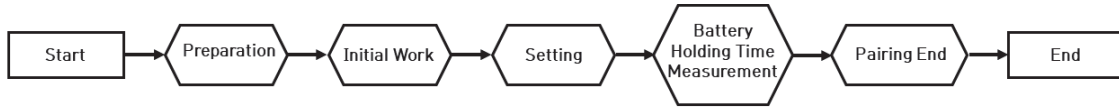


Fig. 4 Recommended measurement sequence

결과가 같아야 한다.

측정 대상 제품(UUT, Unit Under Test) 종류, ANC 기능 적용 여부, 블루투스 오디오 코덱, 이어폰 장착에 적합한 모의 귀 구성, 오디오의 음압 레벨, 신호발생기 구성, UUT와 신호발생기 간의 페어링(pairing) 안정성, UUT 소프트웨어 및 펌웨어 정보, 라우드스피커 구성 등이 확인되면, 측정을 위한 준비(Preparation)가 완료된 것으로 판단한다.

신호발생기와 UUT간 페어링 초기화, UUT 배터리 충전(100%) 확인, UUT와 신호발생기 간 블루투스(Bluetooth) 연결(Pairing)이 확인되면 초기 작업(Initial work)이 완료된 것으로 판단한다.

측정을 위해 UUT 및 UUT로 전송할 오디오 신호를 설정(Setting)하기 위해 UUT와 거리가 1m 이내에 신호발생기를 설치하며, UUT 배터리 유지 시간 측정을 위한 신호발생기에서 모노포닉(monophonic) 핑크노이즈(pink noise)를 UUT 좌우 유닛에 동일하게 음원을 재생한다. 핑크노이즈의 대역 통과 필터의 형태는 KS C IEC 60268-1, 그림 5를 따르며, 이때 신호발생기의 샘플링 주파수, 비트 및 오디오 코덱(codec)을 측정 보고서에 명시해야 한다. 여러 파일 재생 시 이전 파일 종료와 다음 파일 재생 사이에 무음이 없고 페이드 인(fade-in)/페이드 아웃(fade-out)이 없어야 한다. 무선이어폰의 ANC 기능을 적용하는 경우에는 KS C IEC 60268-5, 7절에 명시된 스피커 배치 방법에 따라 모의 귀 앞쪽의 좌측 및 우측에 각각 라우드스피커를 배치한다. 라우드스피커는 배터리 유지 시간 측정이 종료될 때까지 외부 소음 역할을 수행하며 음압레벨과 외부 잡음으로 사용한 음원을 변경하

지 않는다.

2.1.4 재생 시간 측정

무선이어폰 오디오 재생 시간 측정이란 무선이어폰의 배터리 유지 시간을 의미한다. 배터리 유지 시간 측정을 위해 신호발생기에서 음원이 시험 제품(UUT)으로 전달되고, 음압 측정계에서 음압레벨(SPL)을 측정한다. 이어폰 좌우 유닛 중 한 곳이 오디오 재생 종료 조건을 충족하면 음원 재생을 중지하고 배터리 유지 시간을 기록한다. 여기서 오디오 재생 종료 조건이란 75dB(기준 음압 20mPa, 편차는 ± 3 dB 이내)로 SPL을 유지하는 UUT의 최소 하나의 유닛 전원이 꺼지는 상황 또는 배터리 부족으로 페어링이 끊기는 상황 또는 75dB(기준 음압 20mPa, 편차는 ± 3 dB 이내) 미만으로 SPL이 낮아지는 상황을 말한다. 유지 시간은 음압 측정계로 확인하며, 시간을 확인할 수 없는 경우 신호발생기로 재생 시간을 확인한다. 측정 유효 단위는 “시:분:초”로 한다.

2.1.5 검증 절차

제조사에서 제시한 모델의 오디오 재생 시간과 측정된 시간 간 차이를 확인하고 검증 여부를 고려한다. 신고된 값이 특정 제품 모델과 일치하는지 평가하기 위해, Fig. 5의 검증 절차를 사용해야 한다.

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

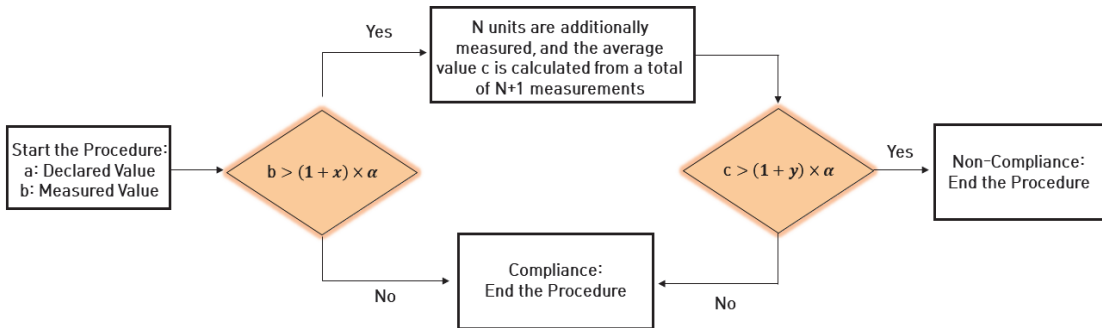


Fig. 5 Verification Procedure Flowchart

%로 지정한 값을 초과하지 않아야 한다.

평균값은 Eq. (1)과 같이 계산해야 한다:

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

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.

3. 측정 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.

총 17 모델 중 13개 모델이 제조사가 제시한

Table 1. Playback time measurement result

| No | ANC OFF | | ANC ON | | Codec |
|----|---------|-------------|---------|------------|-------|
| | Marking | Result | Marking | Result | |
| 1 | - | - | 5h 00m | 6h 00m (↑) | SBC |
| 2 | 12h 00m | 10h 17m (↓) | - | - | SBC |
| 3 | 9h 00m | 6h 47m (↓) | - | - | SBC |
| 4 | - | - | 5h 00m | 3h 34m (↓) | SBC |
| 5 | 5h 00m | 4h 36m (↓) | - | - | SBC |
| 6 | 6h 00m | 5h 47m (↓) | - | - | SBC |
| 7 | 13h 00m | 8h 50m (↓) | - | - | SBC |
| 8 | 10h 00m | 10h 34m (↑) | - | - | SBC |
| 9 | - | - | 6h 00m | 5h 50m (↓) | AAC |
| 10 | 12h 00m | 13h 05m (↑) | 8h 00m | 8h 02m (↑) | SBC |
| 11 | - | - | 6h 30m | 5h 58m (↓) | AAC |
| 12 | 5h 00m | 4h 17m (↓) | - | - | AAC |
| 13 | - | - | 5h 00m | 4h 09m (↓) | SBC |
| 14 | - | - | 6h 00m | 4h 17m (↓) | AAC |
| 15 | 5h 00m | 5h 15m (↑) | - | - | SBC |
| 16 | - | - | 6h 00m | 4h 53m (↓) | AAC |
| 17 | 8h 00h | 7h 17m (↑) | 5h 00m | 4h 22m (↓) | AAC |

Table 2. Key comparisons

| 구 분 | 내 용 |
|-------------|--|
| (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 시간 사양 대비 짧은 것으로 나타났다으며, 평균적으로 약 70분이 넘게 차이가 나는 것으로 확인되었다.

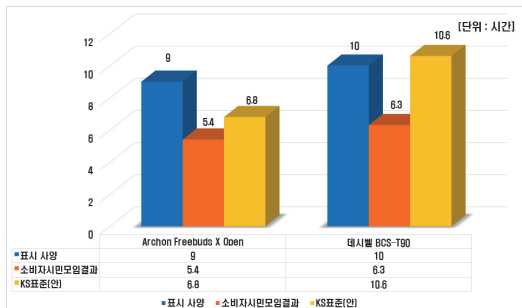


Fig. 6 Comparison of measurement results with Consumers Korea

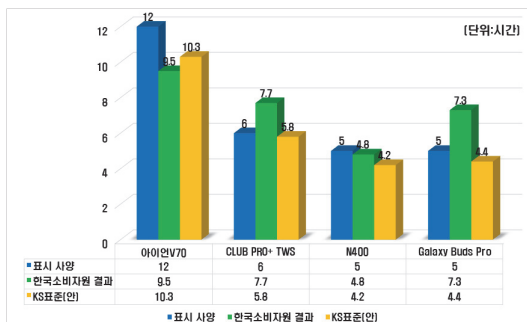


Fig. 7 Comparison of measurement results with Korea Consumer Agency

(사)소비자시민모임 결과 대비 2모델 모두 재생 시간이 더 길게 측정되었으며, 한국소비자원 결과 비교에서는 총 4모델 중 1모델*만 재생 시간이 더 길게 측정됨. (*나머지 3모델의 경우, 무선이어폰 ANC 기능이 있는 것으로 확인되며 한국소비자원 시험 시 ANC 기능의 on/off 여부의 확인이 어려워 정확한 비교에 어려움이 있음)

무선이어폰 재생 시간은 시험 방법 및 조건에 따라 크게 달라질 수 있으며, (사)소비자시민모임, 한국소비자원과 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-측정 환경-측정 조건-측정 방법-검증 절차”로 구성이 되어 측정 조건과 방법에 있어 체계적으로 접근하고 있다.

4. 재생 시간 측정 보고 양식

측정 결과 보고를 위한 양식은 Table 3의 형태를 기본으로 한다. 해당 사항이 없으면 “-”으로 기입하고, 추가 기재 사항이 있는 경우 항목을 추가해야 한다.

Table 3. Measurement result report form

| 시험 제품 | | | | |
|------------------------------------|-----|-----------|--------------|-------|
| 제품에 식별된 브랜드명 | | | | |
| 제품에 대해 책임을 지는 단체 | | 이름 | | 주소 |
| 제품 설명 (내이각형/삽입형) | | | | |
| 모델 식별 | | | | |
| 버전 또는 일련 번호 | | | | |
| 지원 가능한 블루투스 오디오 코덱 | | | | |
| 오디오 샘플링 비율 지원 범위 | | | | |
| 오디오 샘플 당 비트 지원 범위 | | | | |
| 펌웨어 또는 소프트웨어 버전 | | | | |
| 이어팁 종류 | | | | |
| 측정을 진행한 시험실의 세부 정보 | | | | |
| 시험실 명칭 | | | | |
| 시험실 주소 | | | | |
| 시험실 환경 (온도, 습도, 기압) | | | | |
| 인증 기관 (해당되는 경우) | | | | |
| 시험 보고서 번호 | | | 시험 날짜 | |
| 제품 전달자 | | | 승인 담당자 | |
| 신청자/클라이언트 세부 정보 | | | | |
| 신청자/클라이언트 이름 | | | | |
| 신청자/클라이언트 주소 | | | | |
| 시험 장비 | | | | |
| 시험 장비 | | 시험 장비 제조사 | 지정 모델 | 일련 번호 |
| ANC 기능 활성화에 사용된 장비 | 스피커 | | | |
| | 앰프 | | | |
| | 재생기 | | | |
| 모의 귀 설치 장치 (ATF, 인공 머리, HATS 등) | | | | |
| 모의 귀 (귓바퀴 재질 등) | | | | |
| 신호 발생기 | | | | |
| 음압 측정계 | | | | |
| 음원 조건 | | | | |
| 음원명 (#1) | | | | |
| 파일 포맷 | | | 비트 전송률 (bps) | |
| 샘플레이트 | | | 재생 시간 | |
| 음원명 (#2 ~ #N) | | | | |

Table 3. Continued

| 시험 결과 | | | |
|---|---|-------------------------|-----------------------|
| ANC 기능 존재 여부 | <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 | 기본적으로 활성화된 ANC 기능 | 예) 지하철, 비행기, 실내, 실외 등 |
| ANC 주파수 그래프 별첨 여부 | <input type="checkbox"/> 예 <input type="checkbox"/> 아니오 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음 | | |
| 블루투스 버전 | | | |
| 블루투스 오디오 코덱 | | | |
| 오디오 샘플링 비율 | | | |
| 오디오 샘플 당 비트 | | | |
| 이어팁 (사진 별첨) | | | |
| ANC 기능 | 비활성화 | 활성화 (1/3 옥타브 평균 그래프 별첨) | |
| Noise Rating Curve | | | |
| 배터리 유지 시간 (시:분:초) | | | |
| UUT SPL (dB) (1/3 옥타브 그래프) | | | |
| UUT 측정 최대 SPL (dB@ 500 Hz) (좌우 유닛 별도 기입) | | | |
| 신호 발생기 볼륨 | | | |
| 재생 종료 유형 | - 재생 중 UUT 전원이 꺼짐 또는 페어링 끊김 <input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 우 <input type="checkbox"/> 양쪽 동시 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음 (※ 배터리 용량이 부족할 경우 SPL이 낮아지는 기능이 있는 경우 보고서에 SPL 변화 추이를 명시) - UUT의 SPL이 75 dB(기준 음압 20mPa, 편차는 ± 3 dB 이내)보다 낮게 재생 <input type="checkbox"/> 좌 <input type="checkbox"/> 우 <input type="checkbox"/> 양쪽 동시 <input type="checkbox"/> 해당사항 없음 | | |

5. 결론

4차산업 분야에 있어 융복합 기술의 확대가 두드러지고 있다. 무선이어폰은 스마트기기와 함께 소비자가 많이 찾는 제품으로 일반이어폰 대비 선 꼬임이 없고 사용이 편리하여 다양한 종류의 제품들이 현재 출시되고 있다. 하지만 품질에 대한 정보는 다소 부족하여 소비자는 브랜드 인지도에 따라 제품을 구매하는 경향이 높고, 제조사는 품질 관리를 위한 표준이 부재하여 제품마다 다른 기준으로 소비자에게 정보를 전달하고 있다. 특히 무선이어폰의 재생 시간은 소비자의 구매에 직접적인 영향을 미치는 요인으로 이를 제대로 측정하기

위한 표준 측정법이 필요하다. 이를 반영하듯 2020년과 2021년 각각 국내 소비자단체에서는 무선이어폰 제품상의 재생 시간 표시사항과 실제로 측정해 본 결과값에 차이가 있어 소비자 혼란을 가중하고 있다는 문제 제기를 언론 보도하였으며 위반 사항과 조치 사항을 정부 부처에 전달하여 표준 개발 요청에 대한 민원을 제기하였다.

본 논문에서는 이러한 배경에 착안하여 2020년 말부터 시작한 국내 무선이어폰 현황 조사 및 시판품 측정 시험, 연구 분석 등을 통해 도출된 무선이어폰 오디오 재생 시간 측정 방안과 개발된 표준 측정법을 제시하고 있다. 또한 본 논문에서는 소비자에는 정확한 정보를 제공하고 제조사에

는 제품별 공정한 경쟁 환경을 유도하기 위한 측정 결과 보고 양식을 제안하고 있다.

마지막으로 본 논문에서의 무선이어폰 재생 시간 측정 방법은 국가표준인 한국산업표준(KS)으로 제정 예정이며 향후 국제표준(IEC)으로 추진을 목표로 하고 있다.

참고문헌

- [1] Consumers Korea, "Different performance standards for wireless earphones... Increasing consumer confusion", (2020).
- [2] Korea Consumer Agency, "Bluetooth earphones, there is a performance difference in sound and call quality", (2021).
- [3] M. Hiipakka, M. Tikander, and M. Karjalainen, "Modeling the External Ear Acoustics for Insert Headphone Usage," Journal of The Audio Engineering Society, vol. 58, no. 4, pp. 269-281, (2010).
- [4] ALBERTI, Peter W. "Noise induced hearing loss". British Medical Journal, vol. 304, p.522, (1992).
- [5] Munhwan HAN, and Inho Jeong, "A Study on Measurement Method of Audio Playback Time for Standardization of Wireless Earphone Quality", The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication (IIBC), vol. 22, no.1, pp.141-151, (2022).