

이어폰 기능 검사장치 개발을 통한 공정개선

Process Improvement through Earphones Function Test Device Development

김 완 태^{1*} · 이 상 구² · 김 현 식³

¹서일대학교 정보통신과

²(주)천 승

³서일대학교 인터넷정보과

Wan-Tae Kim^{1*} · Sang-Gu Lee² · Hyun-Sik Kim³

¹Department of Telecommunication and Information Engineering Seoil University, Seoul 02192, Korea

²Cheon Seoung Co.,LTD., 477 Song-ri, Dongtan-myeon, Gyeonggi-do 18487, Korea

³Department of Internet Information Seoil University, Seoul 02192, Korea

[요 약]

최근 스마트폰을 중심으로 다양한 멀티미디어 서비스를 활용하기 위해 개인용 이어폰을 사용하고 있다. 국내에서 판매되는 스마트폰은 개인용 이어폰을 필수로 제공하고 있고, 스마트폰과 태블릿 PC로 음악을 듣는 문화가 확산되면서 어디서나 간편하게 음악을 감상하는데 필요한 이어폰 수요가 갈수록 증가하고 있다. 본 논문에서는 많은 량의 이어폰을 생산하는데 있어, 불량제품을 검사하기 위한 복잡한 검사공정을 단순화 하고, 검사 시 소요되는 시간과 비용을 절감하기 위해 이어폰 기능검사 장치를 개발하여 검사공정을 개선하였다. 이어폰 검사장치 개발을 통한 공정개선은 이어폰 불량 검사를 위한 검사 원의 수를 줄일 수 있고, 이어폰 검사 시간을 단축 할 수 있으며 일일 검사 량을 증가시킬 수 있다.

[Abstract]

Recently with smartphones and tablets, personal earphones have been using to utilize a wide range of multimedia services. Especially smartphones sold domestically provide earphones as necessities. As a life style listening to music through smartphones and tablets has been spread widely, there has been in increasing demand of earphones necessary for enjoying music anytime and anywhere. This paper has simplified the complex performance test processes to inspect defective products when producing a large amount of earphones and has improved the existing performance test processes to reduce the costs and time for the performance test of earphones. In this paper, the improved performance test processes through developing the performance test equipment of earphones can reduce the performance test inspectors, cut down the performance test time, and increase the daily amount of the performance test.

Key word : Earphone, Smartphone, Test process, Multimedia, Test equipment.

<http://dx.doi.org/10.12673/jant.2016.20.5.468>



This is an Open Access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0/>) which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

Received 21 September 2016 **Revised** 4 October 2016
Accepted (Publication) 28 October 2016 (30 October 2016)

***Corresponding Author; Wan-tae Kim**

Tel: +82-10-8154-0238

E-mail: wtkim@seoil.ac.kr

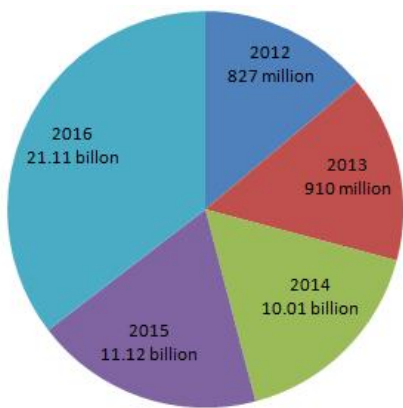
1. 서론

최근 스마트폰을 이용한 다양한 멀티미디어 콘텐츠가 서비스 되고 있다. 그 중 가장 기본적인 형태는 음성과 이미지를 기본으로 하는 동영상 서비스와 mp3, 모바일 게임 등이다. 이러한 콘텐츠는 음향과 영상을 동시에 재상하므로 사용자는 음향을 듣기위해 주로 이어폰을 사용하고 있다. 따라서 이어폰 사용자는 점차 증가하고 있고, 이어폰 생산량 또한 증가하고 있다. 특히, 중국의 이어폰 시장은 스마트폰 과 태블릿 PC 로 음악을 듣는 문화가 중국 전역에 확산되면서 어디서나 간편하게 음악을 감상하는데 필요한 이어폰 수요가 갈수록 증가하고 있다.

2009년 이후 4년간 중국의 이어폰 판매량은 매년 20% 이상 고속성장을 거듭하고 있으며, 2016년에는 판매량이 12억 개로 예상되고, 판매금액은 21억 달러에 다다를 것으로 전망하고 있다.

국내의 이어폰 생산은 대부분 중국, 베트남, 캄보디아와 같이 해외에서 생산하고 있다. 생산된 이어폰은 국내로 들어와 사용자에게 판매 또는 스마트폰 판매 시 번들로 제공된다. 하지만 국내 이어폰 업체는 출고된 이어폰의 불량으로 인해 많은 어려움을 겪고 있다. 따라서 이어폰이 출고되기 전 사용자 환경에서의 불량 유무를 확인하는 검사 과정을 거치게 된다. 하지만 검사장비의 부재로 인해 많은 검사 시간과 검사 비용이 소모되고 있다.

본 논문에서는 사용자 환경에서의 이어폰 불량을 확인하기 위해 사용자 환경에서의 불량 유형을 분석한 후 검사공정의 문제점을 파악하여 현재의 검사 공정을 개선함으로써 이어폰 검사 시간 및 검사비용을 줄이고, 일일 생산량을 증가시킬 수 있는 검사 장비를 개발하여 이어폰 검사 공정을 개선하였다. 공정 개선 결과 개발된 이어폰 검사 장치를 통해 개선된 공정에서는 이어폰 검사원의 수를 줄일 수 있었고, 검사비용을 절감할 수 있었으며 일일 생산량을 늘릴 수 있었다.



Reference : S&PConsulting(尚普諮詢)

그림 1. 중국의 이어폰 판매량
Fig. 1. Earphone sales volume of China.

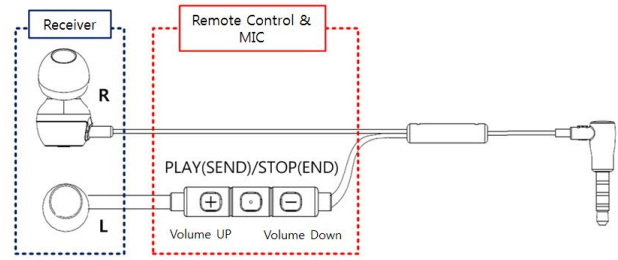


그림 2. 이어폰 구성
Fig. 2. Earphone composition.

II. 이어폰 검사공정

2-1 이어폰 불량유형

이어폰 구성은 3 가지로 구분할 수 있으며, 사용자가 음원을 들을 수 있는 리시버와 음원의 크기를 조절하는 리모트컨트롤 그리고 통화 시 음성 신호를 입력하는 마이크로 구성된다[1]. 사용자 환경에서의 이어폰 불량은 다양하게 발생될 수 있지만 대표적인 불량 유형은 표 1과 같다.

표 1은 이어폰 생산 시 전기적 특성에 의한 불량검사로는 확인되지 않는 유형들이며 표 1에 정의되지 않은 불량유형으로는 접점상태 불량 및 간헐적 불량 등이 있다. 따라서 사용자 환경에서의 불량 검사는 검사원이 직접 이어폰을 통해 음성신호를 입력하고 입력된 음성 신호가 리시버를 통해 정상 출력되는지 확인 한다. 또한 리모트컨트롤의 버튼을 직접 확인함으로써 오동작 및 감촉불량 등을 확인하는 과정을 통해 이어폰의 이상유무를 확인하게 된다.

표 1. 이어폰의 불량 유형
Table 1. Faulty category of earphone.

No	Classification	Faulty Type
1	Receiver	R, L Receiver Non Sound
		R, L Receiver Low Sound
		R, L Receiver Noise
2	Remote Control	Key, Non Operation
		Key, Error Operation
		Key, Feel Bad
3	MIC	MIC, Non Sound
		MIC, Noise

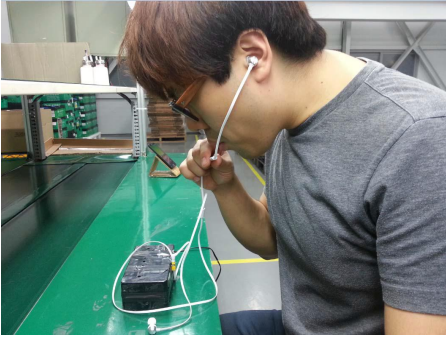


그림 3. 이어폰 기능검사 제 1 공정
Fig. 3. First process of earphone functional test.

2-2 공정개선 전 이어폰 불량 검사과정

사용자 환경에서의 이어폰 검사과정은 현재 2개의 공정으로 나뉘어져 있으며 1 공정은 리모트컨트롤에 삽입되어 있는 마이크와 리시버를 동시에 확인한다. 검사방법은 1 명의 검사원이 이어폰 리모트컨트롤에 삽입되어 있는 마이크를 통하여 음성 신호를 입력한 후 오디오증폭 검사를 통하여 음성 신호를 증폭시킨 후 리시버로 피드백 시킨다. 이때 오른쪽 리시버의 유니트의 출력상태와 왼쪽 리시버 유니트의 출력 상태를 확인하는 과정으로 검사를 수행한다. 그림 3은 이어폰의 마이크와 리시버를 검사하는 과정이다.

사용자 환경에서의 이어폰 불량 검사를 위한 제 2공정은 이어폰의 리모트컨트롤 기능에 대하여 검사를 진행한다. 리모트 컨트롤은 3개의 버튼으로 구성된다. 볼륨 up 버튼은 사용자가 통화 시에는 통화음을 증가시키고 음악 감상 시에는 음향의 크기를 증가시키는 기능을 수행한다. 볼륨 down 버튼은 사용자가 통화 시에는 통화음을 감소시키고 음악 감상 시에는 음향의 크기를 감소시킨다. play(send)/stop(end) 버튼은 사용자가 통화 시작과 끝을 설정 할 수 있고, 음악 감상 시 재생과 정지를 수행 할 수 있다. 이어폰의 3-key 불량 검사는 스마트폰에 연결하여 스마트폰의 UI (user interface)를 실행시켜 검사를 수행한다. 그림 4는 리모트컨트롤의 3-key 검사 과정이다.

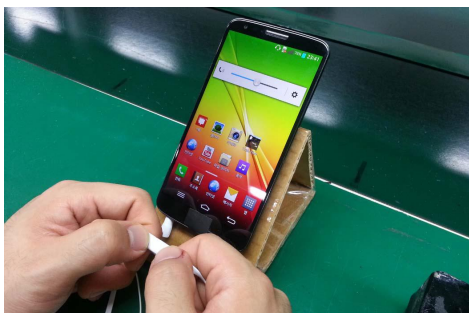


그림 4. 이어폰 기능검사 제 2 공정
Fig. 4. Second process of earphone functional test.

2-3 이어폰 검사공정의 문제점 및 개선점

현재 이어폰 검사 공정은 2개의 검사 과정으로 이루어져 있으므로 각 공정간 이동에 따른 시간이 소요되며, 두 개의 공정으로 구성됨에 따른 2명의 검사원이 필요하다. 또한 스마트폰을 이용한 3-key 검사에 의한 스마트폰의 프로세스 지연시간이 소요되므로 시간이 지연됨에 따른 생산량이 저하와 2명의 검사원으로 인해 인건비가 상승하는 문제를 가지게 된다. 따라서 현재의 검사공정의 개선점은 2 개의 공정을 1개의 공정으로 개선하고 스마트폰 사용에 따른 지연시간을 줄이는 개선이 필요하다.

공정개선을 위해서는 장치개발이 필요하며 특히 스마트폰을 대신할 검사장비 개발이 무엇보다 중요하다. 스마트폰을 대신할 검사장비는 시간지연이 발생되지 않도록 설계하고 마이크와 리시버검사를 동시에 수행할 수 있도록 설계해야 한다.

III. 이어폰 검사장치 개발

3-1 이어폰 기능검사 장치 시스템 설계

이어폰 기능 검사 공정을 효율적으로 개선하기 위한 검사장치의 개발은 2개의 공정을 1개의 공정으로 개선하기 위해 하나의 검사장비로 2개의 검사를 모두 수행 할 수 있어야 하며, 3-key 검사 시 발생하는 시간지연을 최소화 해야 한다. 따라서 프로세스의 적용보다 logic 회로의 설계를 통하여 검사 장치를 개발한다. 그림 5는 이어폰 검사장치 개발을 위한 블록도이다.

Audio amp 는 마이크 입력신호를 리시버로 피드백 시켜 기능검사원이 사용자 환경을 고려하여 음성 신호를 확인 할 수 있도록 구성하였다[2],[3]. 마이크의 동작 상태를 확인하기 위하여 증폭된 음성신호를 LSP (logic signal processing)로 입력하여 마이크의 동작 상태를 확인한다.

Demux 는 이어폰 리모트컨트롤을 검사하기 위해 리모트컨트롤로 부터 출력되는 신호를 3가지 모드로 분리하는 역할을 수행한다[4],[5].

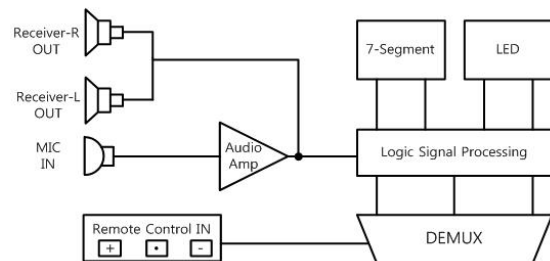


그림 5. 이어폰 기능 검사장치의 시스템 블록도
Fig. 5. Block diagram of earphone functional test device.

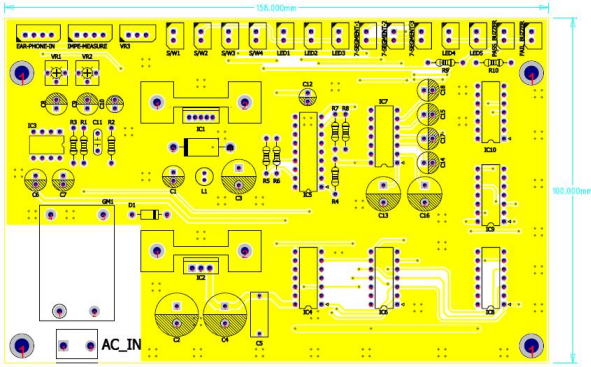


그림 6. 이어폰 기능 검사장치의 메인 PCB 보드
Fig. 6. Main PCB board of earphone functional test device.

리모트컨트롤의 출력신호는 하나의 출력선에서 3가지 전압 레벨로 출력되므로 출력된 전압레벨에 따라 볼륨 up, 볼륨 down, play(send)/stop(end) 신호를 분리하는 역학을 수행한다. Monitor 는 스마트폰을 이용한 기능검사 시 이어폰의 이상 유·무를 확인한다. 리모트컨트롤의 3-key 동작에 대하여 검사원이 쉽고 빠르게 확인할 수 있도록 LED on/off 동작과 7-segment를 통한 문자를 이용해 확인할 수 있도록 설계한다. 그림 5의 이어폰 기능검사장치의 시스템 블록도의 개념을 이용하여 시스템을 설계한 메인 PCB 보드는 그림 6 이고, 그림 7은 검사결과를 확인하기 위한 모니터설계를 위한 PCB 보드이다.

이어폰 기능검사 장치의 PCB 설계에 따른 검증은 그림 8과 같다. 오디오 증폭에 대한 회로검증은 오실로스코프를 이용하여 입력된 신호의 크기와 출력신호를 비교하여 신호의 왜곡 및 잡음에 대하여 검증하였다.

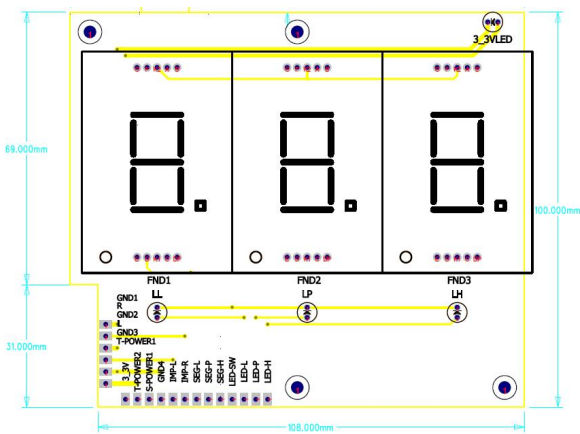


그림 7. 이어폰 기능 검사장치의 모니터 PCB 보드
Fig. 7. Monitor PCB board of earphone functional test device.

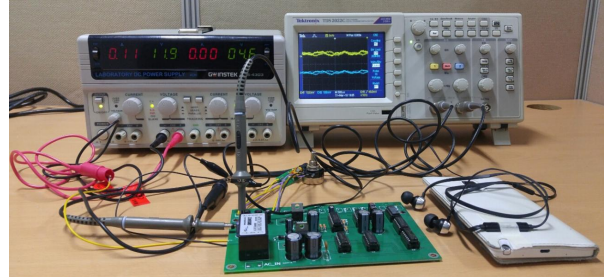


그림 8. 오디오 증폭에 대한 검증
Fig. 8. Verification of the audio amplifier.

그림 9는 이어폰 기능검사 장치의 오디오 증폭에 대한 결과이다. 오디오 증폭을 위한 입력신호는 오실로스코프 채널 1을 통해 최대 54 mV 크기의 진폭을 갖는 입력신호를 입력하였고, 오실로스코프 채널 2를 통해 출력된 신호의 크기와 형태를 확인한 결과 최대 240 mV의 진폭을 갖는 오디오 신호가 출력되는 것을 확인하였다. 또한 신호의 형태가 왜곡 없이 동일하다는 것을 알 수 있었으므로 잡음의 영향이 없는 것을 확인할 수 있었다.

3-2 이어폰 기능검사 기구 설계

이어폰 기능검사 장치의 기구설계는 검사원의 이어폰을 검사하는데 있어 편리함을 제공 할 수 있도록 설계되어야 하며, 검사원의 불량 이어폰을 판정하기 용이하게 설계 되어야한다. 따라서 검사원이 이어폰 기능의 이상유·무를 확인하기 용이하도록 모니터 부분에 각도를 조절하여 시각적인 판단이 명확히 이루어지도록 설계하였고, 검사원의 앉은키를 고려하여 본체의 높이 조절이 가능하도록 설계하였다. 또한 이어폰 검사를 위한 이어폰 컨넥터와 같이 소모품의 경우 교체 가 용이 하도록 설계하였다.

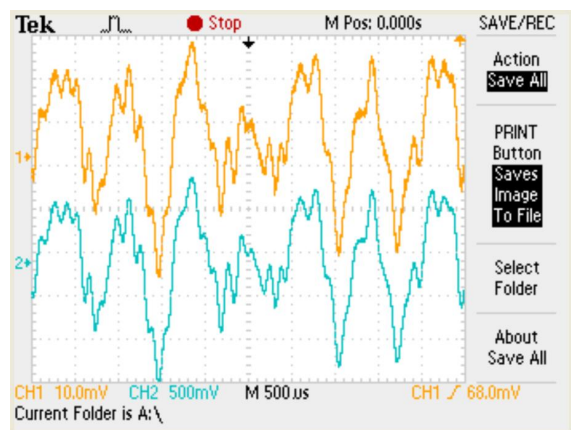


그림 9. 오디오 증폭에 대한 결과
Fig. 9. Results for the audio amplifier.

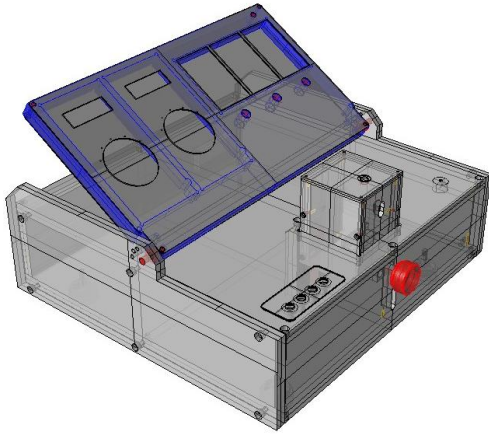


그림 10. 이어폰 기능검사 장치의 설계
 Fig. 10. Design of earphone functional test device.

IV. 공정개선 및 결과

4-1 개발 장비를 이용한 공정개선

본 논문에서는 이어폰 불량률 검사하기 위한 검사공정을 개선하고자 이어폰 검사 장치를 개발하였다. 2개의 이어폰 검사공정을 개선하여 인건비를 감소시키고 검사시간을 단축함으로써 생산량을 향상시킬 수 있었다. 그림 11은 연구를 통해 개발된 이어폰 검사 장치이다. 개발된 이어폰 검사 장치는 이어폰 리시버 검사와 마이크검사 그리고 리모트컨트롤 검사를 모두 수행할 수 있으므로 1명의 검사원이 모든 검사가 가능하여 공정간 이동시간을 줄일 수 있으므로 생산량을 증가시킬 수 있다.



그림 11. 이어폰 기능검사 장치
 Fig. 11. Earphone functional test device.



그림 12. 개발 장비를 이용한 공정개선
 Fig. 12. Process improvement using equipment developed.

그림 12는 2개의 공정을 개발된 이어폰 검사 장비를 이용하여 1개의 공정으로 개선한 후 검사 모습이다. 기존의 2명이 검사원을 통해 이어폰을 검사했던 방식과 달리 1명의 검사원이 이어폰을 검사할 수 있고 스마트폰을 이용한 리모트컨트롤 3-key 검사를 개발 장비를 통하여 수행할 수 있다.

4-2 개발 장비의 검증

2개의 공정으로 구성된 이어폰 검사에서 검사 시간을 분석해 보면 그림 13과 같다. 2 명의 검사원이 이어폰 1개를 검사하는데 있어 리시버와 마이크를 동시에 검사하기 위한 시간은 6 초가 소요되고 다음 검사자에게 이어폰을 전달해주는 시간 2 초 스마트폰에 이어폰을 장착하여 리모트컨트롤 3-key 를 검사하는데 최소 8초에 시간이 소요되므로 이어폰 검사시간은 최소 16초 정도가 소요된다.

본 연구에서 개발한 이어폰 검사 장비를 이용한 공정 개선에 대한 검증을 위해 이어폰 기능검사 시간과 검사 수량 그리고 3-key 불량 검출력에 대하여 KTL(한국산업기술시험원)에 시험의뢰 하여 검증하였으며, 표 2는 개발 장치의 검증을 위한 시험항목과 성능평가 방법이고, 표 3, 표 4, 표 5 는 시험결과이다.

First Process	Movement Time	Second Process
<ul style="list-style-type: none"> • MIC & Receiver test • Test Time <ul style="list-style-type: none"> - Earphone connected to the device (1 sec) - MIC & Receiver test (5 sec) 	<ul style="list-style-type: none"> • Movement Time 	<ul style="list-style-type: none"> • Remote control functional test • Test Time <ul style="list-style-type: none"> - Earphone connected to Smart device (1 sec) - Remote control 3-Key test (7 sec)
Test Time : 6 sec	Loss Time : 2 sec	Test Time : 8 sec
Total Time : 16 sec		

그림 13. 이어폰 검사시간 분석
 Fig. 13. Earphone inspection time analysis.

표 2. 이어폰 검사항목 및 검사방법

Table 2. Earphone test items and methods.

Inspection Items	Performance Evaluation
1. Inspection Time	Earphone function test measures the amount of time
2. Inspection Quantity	Inspection of earphone quantity measured for 8 hours
3. 3-Key Error Checking Capabilities	Earphones 1000 ea, 3-Key Test, Verify operation using a smartphone

표 3. 기능검사 시간

Table 3. Earphone test items and methods.

No.	before (sec)	after (sec)				
		1 team	2 team	3 team	4 team	5 team
#01	31.3	8.4	8.4	7.3	8.3	6.6
#02	30.7	8.9	7.8	7.1	8.7	6.8
#03	28.8	8.4	8.0	7.5	8.2	7.0
#04	27.9	7.4	7.6	7.5	8.2	7.4
#05	29.6	8.9	8.4	7.6	9.0	7.6
Avg.	29.7	8.4	8.0	7.4	8.5	7.1

표 4. 검사수량

Table 4. Inspection unit.

No.	before (ea)	after (ea)				
		1 team	2 team	3 team	4 team	5 team
#01	920	3429	3429	3945	3470	4364
#02	938	3236	3692	4058	3310	4235
#03	1000	3429	3600	3840	3512	4114
#04	1032	3892	3789	3840	3512	3892
#05	973	3236	3429	3789	3200	3789
Avg.	972	3444	3587	3894	3400	4078

표 5. 3-Key 불량 검출 률

Table 5. 3-Key Faulty detection rate.

No.	Count of Faulty Detection(ea)		Capabilities (%)
	device work	handwork	
1 team	4	4	100
2 team	3	3	100
3 team	1	1	100
4 team	3	3	100
5 team	2	2	100

표 6. 공정개선 효과

Table 6. 3-Key faulty detection rate.

No	Inspection Items	Process Improvement		
		before		sec
1	Inspection Time	before	29.7	sec
		after	8.4	sec
2	Inspection Quantity	before	972	ea
		after	3444	ea
3	3-Key Error Checking Capabilities	Up	100	%
		Down	100	%
		Play/Stop	100	%

4-3 공정개선 효과에 따른 비교 분석

이어폰 기능검사를 위한 장치 개발에 따른 공정개선은 기존의 2개의 공정을 1개의 공정으로 개선함에 따라 2명의 검사원에서 1명의 검사원으로 모든 검사를 수행할 수 있으므로 소요되는 인건비를 줄일 수 있고, 공정간 이동시간과 스마트폰의 프로세스 지연시간을 최소화함으로써 검사시간을 단축하여 하여 생산량을 증가시키는 효과를 확인할 수 있었다. 표 6은 공정개선 전과 후를 비교한 결과이다. 공정개선을 통해 검사시간을 단축 하였으며, 2명의 검사원을 1명으로 개선하여 인건비를 절감할 수 있었고, 검사시간의 경우 공정개선 후 3배 이상 빠른 속도로 검사할 수 있었으며, 그에 따라 검사량 또한 3배 이상 증가시킬 수 있었다.

V. 결 론

본 논문에서는 이어폰 기능검사 장치를 개발하여 이어폰 불량 검사를 위한 제품공정개선에 대한 연구를 수행하였다. 전 세계적으로 이어폰을 이용한 멀티미디어 서비스 사용이 증가하면서 이어폰 생산량이 증가하고 있으며, 그에 따른 사용자 환경에서의 이어폰 불량에 대한 중요도가 높아지고 있다. 생산지에서 1차적으로 이어폰의 전기적 특성을 이용하여 불량검사를 수행하지만, 사용자가 이어폰을 사용하는데 있어 발생하는 불량률이 증가함에 따라 사용자 환경에서의 이어폰 불량검사를 수행하게 된다. 하지만 사용자 환경에서의 이어폰 불량검사는 현재 2개의 공정으로 이루어져 있고, 리모트컨트롤의 3-key 불량검사의 경우 스마트폰을 사용하므로 공정간 이동시간 및 스마트폰 프로세스 지연시간이 이어폰 불량검사에 대한 생산량에 한계를 가지고 있다. 따라서 이어폰 검사 장비를 개발하여 현재 검사공정의 단점을 개선하였고, 이어폰 검사량과 인건비를 절감할 수 있었다.

이어폰 검사장비 개발에 의한 공정개선 결과는 기존의 2개의 검사 공정을 1개로 구성하였고, 이어폰 기능검사 시간을 3배 이상 단축 할 수 있었다. 또한 인건비를 줄일 수 있었고, 검사량을 3배 이상 증가시킬 수 있었다.

감사의 글

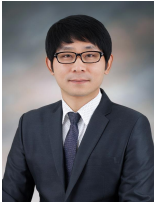
본 논문은 2015년 중소기업청 제품·공정 기술개발사업에 의해 연구되었음.

참고 문헌

- [1] J. S. Rho, and W. T. Kim, "A study on test apparatus for increasing the reliability and productivity of the mobile earphones," *The Journal of Korea Navigation Institute*, Vol. 18, No. 6, pp. 567-581, Dec. 2014.
- [2] ITU-R Recommendation BS. 708, "Determination of the electro-acoustical properties of studio monitor headphones,"

International Telecommunication Union, Geneva, Switzerland, 1990.

- [3] Bruce Carter and Ron Mancini, Voltage and current feedback op amp comparison, in *OP Amps for Everyone*, 3th ed. Dallas, TX: Texas Instruments, ch. 10, pp. 137-145, 2009.
- [4] R. F. Coughlin, and F. F. Driscoll, First experiences with an op amp, in *Operational Amplifiers and Linear Integrated Circuits*, 6th ed. New Jersey, NJ: Prentice Hall., ch. 2, pp. 29-43, 2001.
- [5] D. A. Hodges, H. G. Jackson, and R. A. Saleh, *Analysis and Design of Digital Integrated Circuits*, 3th ed. New York, NY: McGraw-Hill, 2004.



김 완 태 (Wan-Tae Kim)

2011년 2월 : 한국항공대학교 정보통신과 (공학박사)
2011년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 정보통신과 조교수
※관심분야 : 통신시스템 설계, 정보통신회로설계, IoT 시스템 회로설계



이 상 구 (Sang-Gu Lee)

2000년 5월 ~ 2013년 5월 : LG전자
2013년 11월 ~ 현재 : (주)천승 개발이사
※관심분야 : 모바일 시스템, 모바일 응용 기술



김 현 식 (Hyun-Sik Kim)

2010년 8월 : 경기대학교 전자계산학과 (이학박사)
2011년 3월 ~ 현재 : 서울대학교 인터넷정보과 조교수
※관심분야 : 인공지능, 계획생성, 시맨틱웹, 기계학습, 지능로봇, 모바일 응용 S/W